

ISSN 1346-7328

国総研資料 第1008号

平成30年2月

国土技術政策総合研究所資料

**TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management**

No. 1008

February 2018

平成29年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集

Report of the Lecture Meeting of NILIM (2017)

国土交通省 国土技術政策総合研究所

**National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan**

平成29年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集

Report of the Lecture Meeting of NILIM(2018)

概要

本資料は、「平成29年度国土技術政策総合研究所講演会」の講演内容をまとめたものである。なお、本講演会は、「生産性革命」をメインテーマとし、その他、「防災・減災・危機管理」、「インフラの維持管理」の2つのセッションを設けて実施した。「生産性革命」のセッションでは、シンクタンク・ソフィアバンク 藤沢久美代表による特別講演及び本講演会初の取り組みであるパネルディスカッションを実施した。

キーワード : 講演会、国土技術政策総合研究所、生産性革命、防災・減災・危機管理、インフラのメンテナンス

Synopsis

This report summarizes the Lecture Meeting of NILIM held in 2017. This Lecture Meeting was composed of three sessions: 'Productivity revolution' that was set as the main theme, 'Preventing and mitigating disasters, and crisis management' and 'Continuous management of infrastructure'. In the session of 'Productivity revolution', Special Lecture by Kumi Fujisawa who act as a representative in Think Tank SophiaBank and panel discussion that was held the first time for NILM conducted.

Key Words : Lecture Meeting, NILIM, Productivity revolution, Preventing and mitigating disasters, and crisis management, Continuous management of infrastructure

はじめに

国土技術政策総合研究所は、平成29年12月6日（水）に東京都千代田区一ツ橋の日本教育会館（一ツ橋ホール）において、平成29年度「国土技術政策総合研究所講演会」を開催した。本講演会は、最近の研究成果や研究の話題・動向に関する講演を通じて、国総研の主な取り組みを広く一般の方々に紹介するために毎年開催している。

当日は土木・建築関係を中心とした民間企業、地方公共団体、関係法人等から多数のご参加があり、大変盛況のうちに終了した。

今年度の講演会は、「生産性革命」をメインテーマとし、特別講演にシンクタンク・ソフィアバンク 藤沢久美代表を迎え、「生産性革命が未来を拓く ―今、なぜ生産性革命なのか―」と題した講話をいただいた。また、特別講演に先立ち、本講演会初の取り組みであるパネルディスカッション「ICT活用によるインフラ生産性革命 ―今、我々に求められていること―」を実施した。

この他、「防災・減災・危機管理」、「インフラの維持管理」の一般セッションでは、合計9課題の講演を行った。

本報告書は平成29年度「国土技術政策総合研究所 講演会」の内容を記録として残すとともに聴講者によりご理解いただけるよう講演集として、とりまとめたものである。構成は、第1章の開会の挨拶、第2章の特別講演「生産性革命が未来を拓く ―今、なぜ生産性革命なのか―」の概要、第3章の一般講演の概要、第4章の閉会の挨拶の合計4章から成る。また、資料としてポスター及びリーフレットを巻末に添付した。

最後に、ご多忙中にも関わらずご参加いただいた皆さま、講演会の開催にあたりご協力いただいた藤沢代表及び関係各位に感謝を申し上げます。

目 次

はじめに

プログラム 1

第1章 開会の挨拶 11

所長 藤田 光一

第2章 特別講演「生産性革命が未来を拓くー今、なぜ生産性革命なのかー」 17

シンクタンク・ソフィアバンク 代表 藤沢 久美

第3章 一般講演

3.1 都市防火研究と災害調査ー平成28年糸魚川市大規模火災調査報告ー 33

都市研究部長 佐藤 研一

3.2 九州北部豪雨による土砂災害の特徴と減災に向けた取り組み 45

土砂災害研究部長 岡本 敦

3.3 水害リスク低減に向けた技術研究開発 55

河川研究部長 天野 邦彦

3.4 沿岸域を高潮から守る 65

沿岸海洋・防災研究部長 吉田 秀樹

3.5 超高層建築物等の長周期地震動対策ー設計クライテリアの考え方ー 75

建築研究部長 福山 洋

3.6 ICT活用によるインフラ生産性革命ー今、我々に求められていることー 85

(コーディネーター) 企画部長 上坂 克巳

(パネリスト) 道路交通研究部長 喜安 和秀

港湾研究部長 藤井 敦

社会資本マネジメント研究センター長 和泉 恵之

3.7 下水道管路管理におけるマネジメントサイクルの構築に向けて 127

下水道研究部長 井上 茂治

3.8 空港舗装の点検技術の高度化に向けた研究 139

空港研究部長 石原 弘一

3.9 LCCM住宅の概要 147

住宅研究部 住宅情報システム研究官 桑沢 保夫

3.10 道路構造物メンテナンスのセカンドステージへ 163

道路構造物研究部長 木村 嘉富

第4章 閉会の挨拶 185

副所長 三宅 光一

参考

1 ポスター 187

2 リーフレット 189

3 過去の国土技術政策総合研究所講演会 191

プ ロ グ ラ ム

10:15～10:25	開会の挨拶	所長	藤田 光一
◆セッション1「防災・減災・危機管理」			
10:30～10:50	都市防火研究と災害調査 ―平成28年糸魚川市大規模火災調査報告―	都市研究部長	佐藤 研一
10:50～11:10	九州北部豪雨による土砂災害の特徴と減災に向けた取り組み	土砂災害研究部長	岡本 敦
11:10～11:30	水害リスク低減に向けた技術研究開発	河川研究部長	天野 邦彦
11:30～11:40	休 憩		
11:40～12:00	沿岸域を高潮から守る	沿岸海洋・防災研究部長	吉田 秀樹
12:00～12:20	超高層建築物等の長周期地震動対策 ―設計クライテリアの考え方―	建築研究部長	福山 洋
12:20～13:20	休 憩		
◆特別セッション「生産性革命」			
13:20～14:50	ICT 活用によるインフラ生産性革命 ―今、我々に求められていること―		
	(コーディネーター) 企画部長		上坂 克巳
	(パネリスト) 道路交通研究部長		喜安 和秀
	港湾研究部長		藤井 敦
	社会資本マネジメント研究センター長		和泉 恵之
14:50～15:00	休 憩		
特別講演			
15:00～16:00	生産性革命が未来を拓く ―今、なぜ生産性革命なのか―	シンクタンク・ソフィアバンク 代表	藤沢 久美
◆セッション2「インフラの維持管理」			
16:05～16:25	下水道管路管理におけるマネジメントサイクルの構築に向けて	下水道研究部長	井上 茂治
16:25～16:45	空港舗装の点検技術の高度化に向けた研究	空港研究部長	石原 弘一
16:45～17:05	LCCM 住宅の概要	住宅研究部 住宅情報システム研究官	桑沢 保夫
17:05～17:25	道路構造物メンテナンスのセカンドステージへ	道路構造物研究部長	木村 嘉富
17:00～17:05	閉会の挨拶	副所長	三宅 光一

◇開会の挨拶

所長 藤田 光一



◇講演者及び演題

特別講演

生産性革命が未来を拓く ―今、なぜ生産性革命なのか―

シンクタンク・ソフィアバンク 代表 藤沢 久美



<プロフィール>

- ・大学卒業後、国内外の投資運用会社勤務を経て、1996年に日本初の投資信託評価会社を起業。1999年、同社を世界的格付け会社スタンダード&プアーズに売却後、2000年にシンクタンク・ソフィアバンクの設立に参画。現在、代表。そのほか、豊田通商など上場企業の社外取締役や国土交通省社会資本整備審議会委員、国土交通省 i-Construction 委員会委員など様々な省庁の委員や公職を務める。
- ・様々なテレビ・ラジオ・雑誌等を通じて、1000社を超える企業を取材。現在も全国の企業の経営者のインタビューと現場の取材を続け、メディアを通じて発信している。著書に「最高のリーダーは何もしない」、「なぜ、川崎モデルは成功したのか？」など多数。



都市防火研究と災害調査 ―平成 28 年糸魚川市大規模火災調査報告―

都市研究部長 佐藤 研一

地震や津波による火災を除く市街地火災として、昭和 51 年酒田大火以来の規模となった平成 28 年糸魚川市大規模火災。その現地調査や再現実験・シミュレーション検証等の活動を通じて、国総研の都市防火研究を紹介した。



九州北部豪雨による土砂災害の特徴と減災に向けた取り組み

土砂災害研究部長 岡本 敦

本年 7 月に発生した九州北部豪雨による崩壊・土石流・流木など土砂災害の特徴を整理するとともに、減災に向けた国総研の研究活動を紹介した。



水害リスク低減に向けた技術研究開発

河川研究部長 天野 邦彦

水害リスクの低減に向けて国総研で実施している研究の概略について紹介するとともに、水害リスクを低減させるために今後実施しなければならない事項について述べた。



沿岸域を高潮から守る

沿岸海洋・防災研究部長 吉田 秀樹

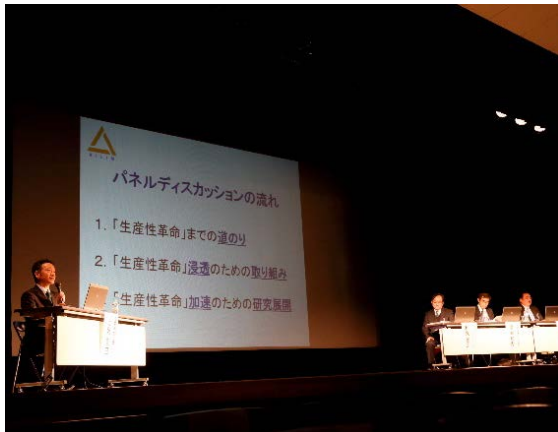
地球温暖化の気候変動による海面上昇、台風の大型化により人口・経済が集中する沿岸域の高潮リスクが高まっている。港湾地帯の安全確保のための研究が重要であり、当部で実施している事項立て研究を中心に報告した。



超高層建築物等の長周期地震動対策 ―設計クライテリアの考え方―

建築研究部長 福山 洋

本年4月1日に施行された、超高層建築物や免震建築物の長周期地震動対策の概要とともに、その技術的な検討の過程で整理された、建築物の構造設計や性能評価における設計クライテリアの考え方について紹介した。



ICT 活用によるインフラ生産性革命 ―今、我々に求められていること―

(コーディネーター) 企画部長

上坂 克巳

(パネリスト) 道路交通研究部長

喜安 和秀

港湾研究部長

藤井 敦

社会資本マネジメント研究センター長

和泉 恵之



下水道管路管理におけるマネジメントサイクルの構築に向けて

下水道研究部長 井上 茂治

下水道管路の点検調査の効率化・高速化のための机上スクリーニング手法の検討や技術開発、維持管理情報の活用等を通じたコストの最適化など、管路マネジメントサイクルの構築の取り組みを紹介した。



空港舗装の点検技術の高度化に向けた研究

空港研究部長 石原 弘一

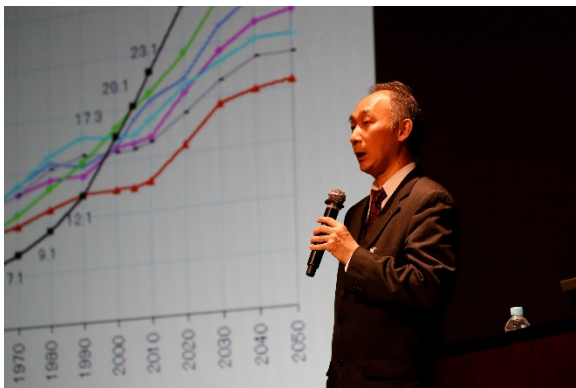
空港の更なる安全確保のため、滑走路等空港舗装の点検作業の精度向上や迅速化が求められる。非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法、地震後の空港の早期再開のために必要な点検手法に関する取組状況を紹介した。



LCCM 住宅の概要

住宅研究部 住宅情報システム研究官 桑沢 保夫

パリ協定における日本の約束では住宅において大幅な省エネルギーが想定されており、LCCM 住宅はこれに対応する先進的な省エネルギー型住宅である。本講演では LCCM 住宅の概念と関連する研究等について概要を紹介した。



道路構造物メンテナンスのセカンドステージへ

道路構造物研究部長 木村 嘉富

平成26年度以降、各道路構造物の点検要領を整備し、定期点検が本格化されてきた。今後、メンテナンスのセカンドステージとして、点検や補修を着実に実施していくとともに、新技術の導入等による長寿命化・コスト縮減に取り組んでいく必要がある。講演会では道路構造物の維持管理に関する技術基準の概要と、国総研の取り組みや今後の方向性を紹介した。なお、新設橋の技術基準である道路橋示方書についても、耐久性向上の観点を中心に言及した。

◇閉会の挨拶

副所長 三宅 光一



第 1 章 開会の挨拶

所長 藤田 光一

1 『開会の挨拶』

(国土技術政策総合研究所 所長 藤田 光一)

皆さん、おはようございます。国総研の所長の藤田光一でございます。

本日は、大変お忙しい中、天候も少し寒くなる中で、朝早くからご来場いただきまして、誠にありがとうございます。

この国総研講演会は、国総研発足の平成13年度以来、毎年開催してきており、今年で17回目になります。目的は、今、その時々为国総研の取り組みを皆さんにご紹介することです。

本日も全体として丸一日という長丁場になりますけれども、少しでも皆さんにとって有意義な内容になればと願っているところでございます。どうぞよろしくお願いいたします。

この場を使わせていただいて、所全体に関わるイントロ的なお話を、スライドを使っていたします。よろしくお願いいたします。



今の国総研の取り組みの代表事例を1つ紹介させていただきます。国総研には、代々研究方針がございましたが、この11月1日に5年ぶりに大きな改定をいたしました。ご案内のように、国総研は、総合研究所ということで、非常に幅広い分野を所掌していますし、行政、現場、それからいろいろな研究機関、民間の技術陣とのコーディネーターを含め、幅広い仕事をしております。

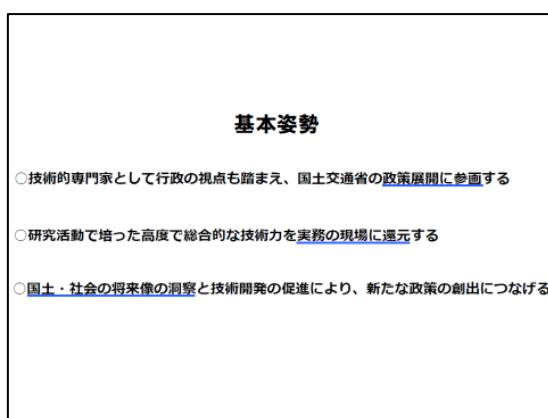
そんな中で、我々にとって一番大事な行動を指し示す羅針盤を内外ともに明確にすることが大事ではないか、という考えから、今まで積み上げてきた研究方針をブラッシュアップする、という位置づけでこの改定をいたしました。

百の説明よりも具体にご覧いただければと思い、パンフレットの中に研究方針の実物を入れました。A4表裏1枚、全部で1800字ぐらいの中にエッセンスを込めようと、みんなと作ってきたものでございます。

その幹の部分を紹介させていただきます。私が特に大事だと思うところ、キーワードに青い線を引きました。



「使命」は書いてあるとおりですが、技術を原動力にする、これが大事、基本かなと考えております。

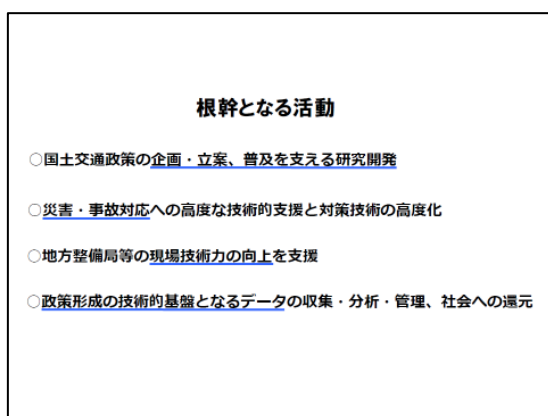


その次は「基本姿勢」です。やはり国総研は、国土交通省の直属の、国の唯一のインフラ関係の研究機関ですので、政策展開に参画するという意図をまず明確にしています。

それから、実務の現場に成果を還元する。

さらに、目の前の課題解決も大事ですが、国土・社会の将来像を見通そうと。それをベースに、新しい政策を創出するという意思を持つことを示しています。これらを基本姿勢に掲げま

した。



次は、基本的な活動の柱です。一番上は国交省に属する研究所として当然の内容です。

2番目が、研究開発はもちろんのこと、最近、特に重要になっている災害・事故対応への技術支援と対策技術の高度化を図ることです。

それから、現場技術力、これは地整の技術者をはじめとして、この分野の現場を支える技術者の力の向上に貢献していくことを謳っています。それから、データ、特に政策形成の技術的基盤とな

るデータを大切に育て活用できるようにしていくことも、我々の大事な活動にしたいと考えております。

研究の心構え

- 行政・現場の真のニーズを理解し、本質的な技術的課題を明確化
- 課題を突破する仮説と検証方法、社会実装への道筋を含めた研究計画を策定
- 得られた事実から研究全体の展開を見据え、柔軟に計画を見直し
- 知見を体系立てて取りまとめるとともに、現場で使える成果に昇華
- 成果の的確・円滑な社会実装に向けた戦略的な道筋を構築
- 実装の結果をフォローアップし、技術的課題を抽出して次なる研究に反映

それから、やや内向きに見えるかもしれませんが、日々の取り組みにおいて研究をどういう心構えで行うか？ これも研究方針において大事ではないかということで、ここに書いております。

まずは、取り組む課題の本質はどこにあるかを見極めること。

2番目、3番目は、研究をする人間にとっては当然のことだと思います。

それから4つ目の、知見を体系立てること。これは、国の研究機関として重要なミッションですし、それを現場に使える形に昇華させようと、ここに明記しました。

それから、やった結果が社会実装されないと意味がない。国総研は、そのミッションが特に強くございますので、その戦略的な道筋を常に考えることをここに謳いました。

最後の項目ですけれども、当然、やった結果がどう役立っているかをフォローする、これを大事にするということを掲げています。

研究を支える環境整備

- 質の高い研究を支えるマネジメントの仕組みの構築
- 技術を礎とし、研究と行政・現場の両面から政策展開を見通す人材の育成
- 住宅・社会資本分野の技術研究開発を支える実験施設等の保有・機能強化

最後の幹が、いい研究をするための条件整備、環境整備です。1つ目の、マネジメントの重要性は当然です。その次ですけれども、コーディネートというのでしょうか、国総研は、技術を礎として研究と行政・現場の両面から全体を見通すことを求められる機関であり、またそういうことができる人材をしっかり育てていく必要がある。そういう人たちが活躍することで、いい成果が国民の皆さんに届くようにしたい、ということが2つ目のポイントになります。

のポイントになります。

最後の項目は、つくば全体でもいろいろで重要な実験施設が保有されていますが、それを維持していくこと、また、それだけではなく継続的に必要な機能更新していく、機能を強化していくというスタンスも持ちたいということで、これを掲げました。

この中には、実現できていることだけではなくて、これからもっと努力しなければいけないこともありますけれども、こういうものを職員みなが目標像として持ちながら、それを基盤に日々の具体の取り組みを闊達に行うようになればという意図も込めて、研究方針の新たなブラッシュアップをいたしました。これが最近の代表的なトピックスでございます。

セッション1：防災・減災・危機管理
特別セッション：「生産性革命」に関する パネルディスカッション
特別講演：生産性革命が未来を拓く ー今、なぜ生産性革命なのかー 藤沢久美 シンクタンク・ソフィアバンク代表
セッション2：インフラの維持管理
平成29年度 国総研講演会

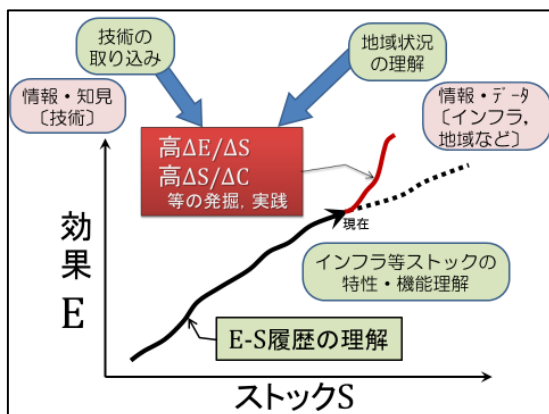
さて、今日の国総研講演会のセッションですが、事前にお配りしている冊子にもありますとおり、3つの柱立てからなります。まずは防災・減災・危機管理、それから生産性革命、生産性を上げるといことです。それから、インフラの維持管理。これは、ここ数年、国総研が特に力を入れてきた柱ということになります。

これ（スライドの一番上）が防災・減災・危機管理で、糸魚川の火災や、九州北部豪雨への対応、

これは河川、砂防一体です。それから、沿岸の高潮への対応、それから長周期地震動、いずれも旬の大事な課題をこのセッション1で取り上げます。

それから、セッション2は、数年前から非常に大事になってきている維持管理に関するテーマで、下水道、空港、それから住宅、道路構造物を取り上げます。特に道路構造物につきましては、平成26年度から定期点検が本格化して、来年度で1サイクルが終わり、次のステージに進む。その時の大きな方向性を今どう考えているかを、この中で話していくことになります。

さて、真ん中の生産性革命ですがけれども、当然、生産性革命ということでは皆さん、建設生産システムの向上、i-Constructionということが真っ先に頭に浮かぶのではないかと思います。もちろん、それは非常に大事な、中核的なターゲットでございますが、生産性革命は、実は非常に幅広い概念であります。



少し抽象的な図で恐縮ですが、同じくパンフレットに挟んだ図がこれでございます。実は、生産性を向上させるというのは、1つ何か新しい技術を使って個別的にやる話とは違って、非常に裾野の大きい、私たち仕事の仕方あるいは仕組み全般を変えていくものであると考えております。

実際、国交省におきましては、生産性革命プロジェクトを立ち上げてきていて、平成28年度を元年とし、今年はさらに伸ばす年ということで、

既に20の先進的な取り組みを掲げ、この考えを施策全般に組み込んでいくのだということを大臣が表明しているところでございます。

私ども国総研としては、そのような生産性革命を成し遂げていくことを技術の展開に置きかえたらどういうことをすればいいのか？ これを考えるのがとても大事で、私たちに課せられた使命の1つかなと思っております。

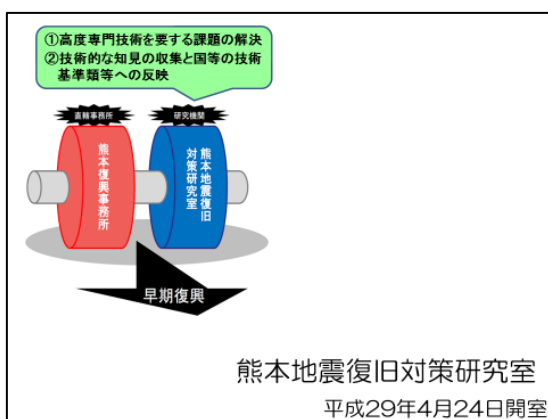
この図で、ストックが伸びていって、効果が上がっていくというストック蓄積がもたらす効果の増大がまずある中で、今までの延長線上よりも飛躍的にストック増分に対して効果をぐっと高め

る。あるいは、投入すべきコストが小さい割に、ストックがぐっと伸びて、結果として効果を高めるといふ方策を、いかにいろいろな材料を組み込みながら、新たに工夫しながら、イノベーションという言い方もあるかもしれませんが、見出していく。これを全体的に進めていくにはどうしたらいいか。ここで、ストックや効果の種類は何でも良く、何に付けてもこのような伸びを創っていくことが求められるのです。

さてそうすると、インフラの蓄積の過程、それからインフラの特性の理解がまず必要になる。インフラや地域に関するデータをどう使いこなしていくかも大事になる。そうして、地域をよく理解し、また新しい技術をターゲット毎にうまく使いこなしながら、こういうぐいっとした伸びをいろいろなところで立ち上げていく。こういうことが盛んに生じる状況を全体でどう作り出していったらいいのだろうか。この問いを研究開発のあり方に具体的にどう翻訳したらいいか？ここを考えることが非常に大事だと思っています。

このような問題意識を設定しているものですから、1つ前のスライドに戻りまして、まず本日は、特別講演として、シンクタンク・ソフィアバンクの藤沢久美代表にお越しいただいて、大きな視点から、社会経済、企業経営の視点も含めてですけれども、なぜこの生産性革命が大事なのか、そのところを明確にさせていただくことをお願いしています。

その上で、国総研講演会としては新しい試みですが、部長同士でパネルディスカッションを行います。なぜかという、生産性革命というのは特定の分野に限定されるものではありません。分野によらない横断的という特徴があります。そこで今日は、企画部長を中心に、道路交通関係、それから港湾関係、社会資本マネジメント、一見違う分野を扱う研究部長がそれぞれに、生産性を上げるということを技術にどのように翻訳していったらいいのかを提案し、議論を深めていくという新しい試みをここで行います。



最後に、仕事のやり方を新しく開拓していくことの大切さを強調しておきたいと思います。我々は、生産性革命を始めとする新しい色々なミッションを前にして、今までのやり方で大事なところは堅持しつつ、新しいやり方を積極的に開拓していくことが大事と思っています。一例ですけれども、今年の4月24日に熊本地震復旧対策研究室が、熊本地震で甚大な被害を受けた現場につくられました。これは、九州地整の熊本復興事務所

と両輪で、こういう形で（上のスライド）復旧に貢献し、逆にそこから学ぶ技術をもっと大きく全国展開するようにしていこうとするものです。研究の新たな展開と、現場の復旧の加速の両面で現場の事務所とタッグを組みながら仕事をするという試みをしております。こういうことも含めて、仕事のやり方で新たに開拓すべきことにも積極的に取り組みながら、私たちの仕事のクオリティを

さらに高めてまいりたいと思っているところでございます。

以上、私たちが取り組んでいる代表事例の紹介も交えながら、私の挨拶とさせていただきました。
本日は、どうぞよろしくお願いいたします。

——了——

第2章 特別講演

生産性革命が未来を拓く ―今、なぜ生産性革命なのか―

シンクタンク・ソフィアバンク 代表

藤沢 久美

特別セッション「生産性革命」

特別講演 『生産性革命が未来を拓くー今、なぜ生産性革命なのかー』

(シンクタンク・ソフィアバンク代表 藤沢 久美)

こんにちは。ご紹介いただきました藤沢でございます。きょうは、こういった講演会にお招きをいただきまして、大変光栄でございます。

国土交通省さんにはいろいろ勉強させていただいていることが多くて、こういう高いところからお話しさせていただくのは、実はとても緊張しておりまして、先ほどパネルディスカッションでさらに広く深いお話をというプレッシャーをいただいて、広くはあると思うのですが、深くはないと思うので、皆さん、今日は朝からずっといろいろなお話を聞かれていると思うので、気分転換とこの時間を気楽に聞いていただくか、ご休憩いただければと思います。

私のほうでいただきましたテーマが、「生産性革命が未来を拓く」ということでありまして、生産性革命というのは本当に世界的にも起こっていることでありますし、日本でも政府が第一目の一番地という感じで進められていますし、国交省さんでもこれを非常に積極的に進めていらっしゃる、私が i-Construction の委員会に参加させていただいたときに、大変感動したという言葉が悪いのかもしれないのですが、すばらしい取り組みだなと。このようにICTを取り入れながら、産業の進化を国交省さんが検討し、リードしていかれるということに非常にわくわくしながら参加させていただいております。きょう、その様な話も含めてさせていただきたいと思います。

まず、そもそもなぜ生産性革命が今、必要なのかというところなのですが、皆様もそれは感じていらっしゃるのだと思います。私は、大きく2つ理由があるのではないかと考えています。

1つは、常に政府を挙げておっしゃっていることなのですが、日本はやはり人口減少社会に入っているという中で、働く人たちが減っていく。生産性を上げなくては、今いる人数、これから減っていく人数の中でいろいろなものを回していくことはできないのではないかと理由が1つある。これは、皆さんもそのとおりだと思っていられることだと思います。

そして、もう1つ理由があるとするならば、私は今、世界が直面している第4次産業革命といわれる革命なのではないかと思っています。第4次産業革命という言葉は、かなりバズワードになっていて、いろいろな使い方もされていますし、経団連さんなどはソサエティー5.0 という言葉が使われていたり、コネクテッドインダストリーズという言葉が使われるところもあったりとか、いろいろあります。ドイツなどはインダストリー4.0 ということで、数年前から始まっていますが、こちらの場合はどちらかというと製造業の革命というところから始まっています。

この第4次産業革命という言葉は、割とダボス会議などが3年前か4年前ぐらいからテーマにされていて、そこでよく議論されておりまして、業界もかなり幅広く議論されているわけです。

そもそも産業革命という革命という言葉が使われることについて考えてみたい。きょうの生産性革命も革命ですし、第4次産業革命も革命。私たち、気軽に革命という言葉を使っているのですが、私たちが学生時代に歴史で習った革命という言葉は、物すごく重苦しいものであり、革命を辞書で引くと、主権が変わるということが書かれていると思います。これまで権力をもってリ

ードしていたあるものが違うものになっていく、主役が変わる、リーダーが変わるという意味でもあると思うのですけれども、大きくリードする主体が変わるというのが革命で起こることだと思うのです。

そうすると、日本、もしくは世界においては一体何が起こるのだろうか。今、第4次産業革命といわれている第4次の理由というのは、データの分析であるとか解析というものでありますけれども、要するにコンピューターとかが自立的に自分で考えて、動いたり、判断したりというものを第4次と総じていっています。要するに道具が変わって、道具が変わるということは価値観が変わるわけです。道具が意識を進化させるという言葉が誰かがいったと記憶していますけれども、そういう意味では新しいAIとか道具ができて、私たちの価値観が変わる。価値観が変わるということは、行動様式も変わりますので、仕事、ビジネス、産業の仕組みも必然的に変わっていくということになると思います。

では、どのように変わっていくのか、それを考えなくてははいけない。過去にも第1次産業革命、第2次、第3次とあったわけですが、そういった革命は、私たちはどちらかというと歴史の教科書で学びますし、今、過去をみつめると、すごく点に見えるのです。

例えば馬から自動車に変わるという大きな移動手段の革命もあったわけですが、その時のことというのは、私たちは未来から過去を振り返っている中で、一瞬にして起こったようなイメージがあるのですが、その当事者の人たちはかなり一瞬ではなかったと思うのです。どうやら自動車が出てきたらしい、自動車にかわるらしいという中で、まだいかないのではないのか、自動車なんて鉄の塊の危ないものを運転する人が増えるわけがないとか、馬の方が操縦が便利だとか、馬の方がぶつかっても大きな事故にはならないとか、いろいろな理由の中で、馬から自動車にそう簡単にかわらないよというものがあつたのだらうと思います。

中には、やはり馬は乗る楽しみがあるではないか、自動車には乗る楽しみはないよといっていた人もきつっていると思いますけれども、今は馬の乗る楽しみをずっと大切にしている人は乗馬クラブにいます。恐らく自動車も同じことが起こるのだらうなという感じはしています。

だけれども、私も豊田通商の仕事をしていますので、そう簡単に電気自動車にはならないだらうとか、そう簡単に自動運転にはならないだらうということをおっしゃる方も結構いらっしゃるわけですが、また未来からみると恐らく一瞬のうちに変わったのだらうなと振り返られる日がやってくるかもしれない。なので、革命の中に身を置いている私たちというのは、一体どう変わっていくのかというのは、常に考えておかなければいけない。

恐らく水が高いところから低いところに流れるように、革命といわれる技術の進化によって、いろいろなものの様式が変わっていく。どのように変わっていくのかというのは、よくみておかなければいけないし、高いところから低いところに水が流れるように、多分変わるのです。理のように水は下に流れていく。だけれども、どの道筋を流れていくのかはわからないので、私たちはどうなるかを早くから見つめておいて、どのようにそこに向かっていくかということを日ごろ考えていかなくてははいけないのだらうと思います。

そういう意味で、i-Constructionであるとか、ICT土工といわれるようなものとか、プレハブ

工法みたいなものというのは、先を見据えて道筋まで国で議論しながらつくっていくという工程があるので、私は非常に素晴らしいことだと思ってみているのですが、あらゆる業界で変化が起きてくるので、多分、1つの業界で道筋を描いていても、ほかから違うものが来て、突然道筋が変わるということもあるかもしれないので、今の時期というのは、私たちはアンテナを幅広く業界を超えてもっておかなくてはいけないのではないかと思います。

第4次産業革命といわれるものをリードしている新しい技術とは何かというと、ニューヨークのカクミチオ先生という理論物理学者の先生とお話したときに、先生が考える3つの技術といがあるのだというお話を伺って、私はそれが非常に納得できたので、よく使わせていただいているのですけれども、1つ目の技術がICT、IoT、人工知能=AIだったり、それから最近、RPA (Robotic Process Automation) といって、ロボットをいろいろな作業の中に置きかえていくというものもありますが、こういうICTから始まったIoT、AI、ロボットみたいなものが1つ目の技術であると。

2つ目の技術としては、ゲノムの技術。遺伝子をいろいろデザインできる。半年ぐらい前に、近大の先生とお話をしたときにも、タイの遺伝子操作をして、今ではタイの筋肉量を倍にするという遺伝子操作がもう完了していて、毎年今までよりも筋肉が倍、つまり私たちにとって食べるところが倍のタイが、普通に生まれてくるというお話もありました。そういう意味では、これから遺伝子をデザインできる。これは、倫理的な問題もあるので、すぐに人間でということにはならないですけれども、そういうことだってあり得る。

では、こういうことができるようになったら、派生的にどんなことが起きるのかということも考えておかねばいけません。例えばオリンピック・パラリンピックみたいなところでドーピングというのがありますが、遺伝子を操作してしまえば、ドーピングで検査しても出てこないわけですから、またドーピングのあり方そのものも変わっていかねばいけませんというのも1つ出てきますし、いろいろなことが起こる。

3つ目がナノの技術といわれていて、小さくするという技術です。どんどん小さいものをつくっていく。川崎の研究所に行ったときに、ナノ技術のロボットを1つ教えていただきましたが、血管の中を走っていけるロボットで、さらに血管の中に入るぐらい小さい上に、血管には表面に穴がいっぱいあいているわけですが、その穴も通り抜けられるぐらい小さなロボット。なので、病気があれば、その患部にロボットが薬をもってずっと動いていって、血管の側面の穴から抜けていって、患部にだけに薬を投与してくるということができるといってお話で、これは別に日本だけではなくて、ほかの国でも随分研究されているナノ技術の1つです。後半の2つのナノとかゲノムというものを考えただけでも、それは人間は長生きするでしょうねと思うわけです。病気になる比率もどんどん下がっていくでしょうと。

お医者様方と話しているときも、10年以内にがんは治る病気になるだろうというお話をされている方もいらっしゃいましたが、この新しい技術の進化によって、人間は恐らく寿命が延びていく。『ライフ・シフト』という本が大変はやりましたけれども、2007年に生まれた子供たちは百何歳まで生きるとか、今から生まれてきた子たちは百何十歳まで生きるのではないかとということがいわれ

るぐらい、人生も長くなっていく。

そのための技術もどんどんみえてきていると考えると、会社のあり方も変わっていくでしょうし、それ以前に社会保障の仕組みだって機能しなくなるということも考えられるでしょうし、ずっと働いていかないと食べていけなくなるという、人生設計だって変わっていく。キャリアだって変わっていく。キャリアが変わっていくということは、教育も変えていかなければいけない。1つ長生きするという新しい環境が生まれた瞬間に、あらゆる産業、あらゆるビジネスが変わっていかなければいけない。

65 歳定年、70 歳定年というのも、そもそもそうではなくて、80、90 まで働く必要があるのではないかと、これから人口が減っていく、高齢化になるから、生産性を上げていきましょう。大事なことなのですからけれども、もしかしたら高齢者といわれている人たちは、今までよりももっと元気で、本当は 90 歳まで働けるかもしれないということも起こり得るかもしれないし、考えなくてはいけなかもしれない。そういうときにどういう仕事をしていただくのかということも考えていかなくてはならない。

技術の進化というものは、私たちの生活、そして仕事の中でいろいろなものを変え得るわけです。そうすると、こういう建設や土木の世界でもいろいろなものをもっと幅広に考えていかななくてはならないということになるのだと思います。

その中で、私は企業回りをよくしているので、企業の経営者の皆さんが今、一番頭を悩ませているらっしゃるのが、自分が関わっているビジネスがどう変わっていくのかということなのです。自分が関わっているビジネス、そして自分がお取引させていただいている企業のビジネスがどう変わっていくのだろうか。

例えば、私は静岡の銀行の社外取締役もやっているのでありますが、静岡には自動車の部品をつくっている会社がたくさんあります。そういった部品メーカーさんがとても心配して、先に準備を始めているわけです。

1 ヶ月ぐらい前ですか、モーターショーがありましたよね。モーターショーに行ってきました。ことしのモーターショーはちょっと寂しかったですが、モーターショーに行きますと、コンセプトカーといって、今後、次の次ぐらいに出てくるかなという模型がいっぱい置いてあるわけです。各メーカーさんが今後、こういう車が出てくるだろうと。

このコンセプトカーに共通して、1つ、今までの車にあったものでなくなっているものがありました。形は今の車と全く同じです。ハンドルもあるし、タイヤもあるし、運転席もあるし、同じなのだけれども、1つ消えているものがありました。何だと思いませんか。消えていたのはバックミラーのミラーです。みんなバックミラーの出っ張りについていました。多分、これはルールで出っ張っていないといけないですよ。きょう、いろいろお話ししますが、法律やルールから逸脱した話があるかもしれませんので、前もってそれはお詫び申し上げます。出っ張っているのはみんなついているのですけれども、その中には鏡はついていなかったです。全部カメラに変わっていました。中にカメラが内蔵されていた。つまり、バックミラーの鏡をつくっている会社は、モーターショーに行くと、仕事なくなるのだと確実に実感する瞬間です。実は、そういった会社が静岡県

下にはあります。バックミラーをつくって大変なシェアをもっていらっしゃる。

でも、この会社さん、実はその昔は鏡台をつくっていた会社なのです。鏡台ってわかりますよね。多分、こうやってみるとわかる世代の人しかいらっしゃらないと思いますけれども、学生たちに鏡台というと、ブラザー（兄弟）か大学（京大）かと聞かれるので、鏡だよという話をするのです。静岡は鏡をつくる会社が多かったのですけれども、だんだん和室が減って、鏡台を置かなくなるといって、いち早く小さい鏡であるバックミラーのミラーに取り組み、生き残り、元気にやってこられた会社が今まさにバックミラーをつくっていらっしゃるのですが、鏡台をやっていた会社はみんななくなりました。でも、その会社ですら数十年でバックミラーのミラーというニーズがなくなっていく中で、次の投資、研究を始めていらっしゃるわけです。

こういうことが多分、物すごいスピードであらゆるところでこれから起きていくのだと思います。なので、自分たちがお取引しているところがどう変わっていくのだろうか。

きょう、自動運転のお話もパネルディスカッションであったようにですが、自動車そのものだってどうなっていくのだろうかというのも大変興味があるというか気になるところでありまして、私は豊田通商でいろいろ役員会でお話を聞いていると、ふと気づいたのは、最近、自動車という言葉が使われなくなっている。モビリティという言葉に、いろいろな書類に書かれる言葉が変わってきているのです。

何で自動車でなくてモビリティに変わっているのだろうか。今までは、自動車だったのに、今はモビリティ。よくよく考えたら、モビリティは移動手段とか移動機能、移動の部分の言葉で、必ずしも自動車ではないのです。私たちがイメージする車ではない。移動する技術というか、そこに言葉がどんどん移ってきているということは、やはり自動車メーカーといわれているところは、車をつくって売るといふビジネスから、移動手段を売るに変わってこうとしているのかしらとみえてくるわけです。

では、移動手段を売る会社になっていくのだとしたら、自社だけでは無理なわけです。手段を売るわけですから、その手段を求める会社と組まなければいけないということになるわけです。

では、どんな会社と組むのだろうかということを想像していく、妄想していく必要があって、私はまだそこまでの話は聞いていないのでわかりませんが、つい1ヵ月ほど前に長崎のハウステンボスに行きました。澤田さんという社長、H I Sの旅行会社をつくった方ですが、澤田さんが今後やることの1つに、最近、ハウステンボスの近くに無人島を買ったのだという話をされていて、来年から無人島にお客さんが行けるようにしようと思っていると。おもしろいのだよという話をされていて、夜、ハウステンボスで遊んだ後、ホテルにチェックインしていただくと、朝起きたら無人島に着いている。そんなホテルを用意するのだとおっしゃっていたのです。私がそれはフェリーではないのですかといったら、フェリーではなくてホテルだとおっしゃるのです。

つまり、そういう発想で考えていくと、さっきもお話ししていたのですけれども、ホテルは別に動いてもいいわけですね。今、深夜バスという非常にラグジュアリーな移動バスがあって、寝ながら着くというのがありますけれども、あれがもし隊列を組んで、幾つかの移動ができるようにな

ったら、もしかしたら隊列を組んだ中にホテルの部屋がついているというのがあってもいいかもしれない。

では、ホテル会社さんと自動車のモビリティを提供する会社が連携して、新しい移動ホテルを出すということがあるかもしれません。ルール上、全然アウトということかもしれないけれども、そのように箱の外、アウト・オブ・ボックスな考え方をどんどんしておくべきだと思うのです。

ドバイなどは、そういう実験などをすごくいっぱいやっていて、4～5年前、自動運転の実験をしたときに、通勤時間を有効に使いましょうとあって、自動運転の車なのですが、中はフィットネスになっていて、会社に着くまでの間に中でトレーニングをするという車が実験的に走っていましたが、そのようになっていく。

では、もちろん今までのような自動車もつくるのでしょけれども、自動車メーカーはどう変わっていくのか。どういう会社と組むことになるのか。そして、今、実はとまった地面の上に存在しているあらゆるものがある意味モビリティということで、地面が動くということが可能になるとするならば、とまった地面にいろいろなサービスをしているところが、もしかしたら移動手段を提供する会社とどんどん組んでいくということがあるかもしれない。学校も動くかもしれない。いろいろなことが起こるかもしれないと考えると、今まで私たちがイメージしていた自動車会社というのは、全く違うモビリティ会社になるかもしれないということになるわけです。

なので、このように自分たちが今関わっているビジネスの世界がどう変わっていくのだろうか。保険会社も変わります。この間、保険会社さんとお話ししていたら、ビッグデータの解析がどんどんできるようになってきたので、例えば自動車保険、これからは自動車事故が起きたら、保険金を払う、いろいろな調停をやるというのが、お客様に対するメインのサービスではなくなると思いますとおっしゃっていました。

では、どういうビジネスになるのですかと申し上げますと、大量のデータがあるのです。今まで事故を起こした方のデータが大量にある。どういうときにどういう人がどのように事故を起こすかというのは、データがあります。それを分析することによって、保険に入ってくださいお客様には、事故が起らないように事前にいろいろな情報提供をするというほうが価値のあるサービスになる。

よくよく考えてみれば、自動車保険に入るお客様の一番求めていることが何かといえば、本当は事故に遭いたくないのです。最悪事故が起きたら、いろいろなことをしていただけるのはありがたいけれども、本当のニーズは、事故に遭いたくないというのが本来、車を運転する人の思いだと思います。そこに応えるのが本来は保険会社の仕事ではないかということで、事故に遭わないような情報提供をするのが保険加入者に対する本来提供すべきサービスだろうと。

最近だと、車でも顔の認識をして、眠たそうにしていないかとか、心拍数が上がっていないかとか、そういうものはかれるようになっていきますから、そういうものと保険会社さんが連携することができたら、車に乗ってハンドルを握った瞬間に、何か顔がむくんでいますよと。きょうは心拍数が高いですよ、きのうちょっと飲んでいませんか。きょう雨だし、二日酔いで雨が降っているときに、あなたが毎日通勤するルートで考えると、ここで事故が起きる確率は日ごろよりも5割増しま

すと。事前にスピードを緩めるか、ブレーキに気をつけてくださいという情報が来るかもしれない。そこにさらにアシスト機能のついた車だったら、車のほうがそこで減速するかもしれない。そのように保険のビジネスも保険単体ではなくて、いろいろなものと連携しながら、本当にお客様が求めるサービスにビジネスモデルを変えていくかもしれない。もしかしたら建機なども、そういう形で保険の形であるとか、建機の動かし方とかいろいろなものも変わってくるかもしれませんけれども、保険もそうやって変わっていく。

そういう意味では、第4次産業革命の鍵となる技術というのを見つめながら、どのように変わっていくのか、自分の業界、自分がお取引している業界、どうビジネスを変えていくのか、また価値観が変わっていくのかというのはよく考えなければいけない。

だけれども、そんなに簡単に未来のイメージなんて湧かないよというのが普通なのですから、そういう意味では、私たちが、ぜひ観察しておくといいと思うのはベンチャー企業です。今、マザーズだとかジャスダックだとか、小さ目の市場に上場してきている新しいベンチャー、そういうベンチャーの中ですごく勢いをもって、一部上場まで上がっていくような会社は、実はいち早く未来の業界の姿を実験しているというか、実現している会社が結構あるのです。

さっき申し上げた保険のビジネスをいち早く、とても保険金を払うのではなくて、事故や病気が起きないように、先に情報サービスをしている保険会社というのは、とくに10年ぐらい前から生まれていて、上場しています。それは、ペット保険の会社です。アニコムという会社はそういう会社です。最初からペットが病気になる前提ではなくて、ペットが病気にならないように保険に入ってくださいというサービスをやって、全国の獣医さんをネットワークしています。

でも、ここで疑問に感じるのは、獣医さんをネットワークして、病気にならなくしたら、獣医さんはもうからないのではないと思うわけですが、そこは違うところで、獣医さんをネットワークして、獣医さんに来るペットのオーナーさんに保険に入ってくださいと営業してもらおうと、獣医さんにもちゃんと保険料の一部が払われるわけですから、獣医さんにしてみれば、病気になろうがなるまいが、お金が入ってくるのです。今のお医者さんのビジネスだと病気にならないとお金が入ってこないのですけれども、このペット保険の世界では、病気になろうがなるまいが、毎月一定の金額は獣医さんに入ってくるのです。そういう意味ではみんなハッピーです。

なので、本当のお客様のニーズというものにもっとフォーカスしていったら、今の技術をどう使うかと考えると、実は新しいビジネスモデルがみえてくるし、そういうビジネスをベンチャーたちはもう始めている。

この間も若手の建設会社をしている人たちと話していたのですが、彼らはもう2つのことをやっていました。1つは、オフィスは個室の時代ではないと。オフィスは、テレワークとかいろいろな人が出入りして、そしていろいろな雑談が起きる大部屋的なものでなければいけないし、そういう時代だと。リラックスができて、雑談が起きるといふオフィスにしなければいけないからということで、古い建物をどんどん買っていき。昔だったらOA床が必要だったけれども、Wi-Fiが飛ぶので、OA床も要らない、電話も線が要らない。なので、古い建物でみんなで集まれるようなちょっとおしゃれなところであれば、そういうものをオフィスとしてどんどん展開していく。

リフォームもかけていくということをやっている、全然違うビジネスをやっていますし、もう1つ彼らが今取り組んでいるのは、マンションですけれども、彼らがつくるマンションは全部屋上に出入り口があるのです。もちろん今のマンションだってありますけれども、管理人の人しか出入りできないようになっていますが、彼らが今つくり始めているマンションは、人がちゃんと出入りして、そこに倉庫とかもあったりするのです。

なぜかという、ドローンで物が運ばれることを前提にして、その地域ではドローン輸送がある前提でマンションをつくって、屋上にドローンが運んできた荷物の受け入れをすることができるような仕組みを今からつくっていると。建物というのは、20年、30年使われるものだから、そのくらいの時間軸を考えたなら、後でドローン用に出入り口をつくるのではなくて、今からつくっておいたほうがいいのかということをしていました。

ある意味では、若い人たちの会社などを観察していると、次、我々の業界で何が起きるのだろうかということの片鱗であるとか、未来の姿がみえてくるのだと思います。

では、そういった第4次産業革命でビジネスだとかいろいろなものが変わっていくときに、土木だとか建設というものがどう変わっていくのかということですが、私はその1つが、きょうも i-Construction の取り組み状況という国交省さんからいただいた冊子を一生懸命読んでいたのですが、実際に i-Construction が進んでいて、全国各地で取り組みも進んでいて、測量はドローンを使ってやり、ドローンからとってきたデータを使って、工事計画を立て、そして自動運転の建機にデータを入れて、いろいろな法面加工というものもある程度自動運転的にやっていると。

データでちゃんと管理できるので、その後の振り返りもできるし、非効率なことも起きないし、働く人の数も少なくもいいし、熟練の人でなくてもある程度のところまではできるとか、工期も短くなるとか、そういうことに実際にいろいろな方々が取り組んでいらっしゃって、この中をみると、施工者の声というところで工期が短くなりました、7日から4日に短縮できたとか、作業の人の数が減りましたとか、何よりもすばらしいと思うのは、安全性が上がりましたということも結構な方が書いていらっしゃる。

なので、こうやって新しい技術を使うことによって生産性を上げる。それから、コストを下げる。そして、何よりも安全性を上げる。なので、働く環境を改善していくということを実際にやっていたらいいわけです。

一方で、こういう取り組みをするときに必ず起こってくるのが、小さな会社にとってIT、ICTの投資は難しい、コストがかかる、そして、そういう技術がわかる人がいないとか、いろいろな課題が出てくるわけですが、それも事例集の一番後ろにはいろいろな補助金とかがありますよというのを書いてあって、低利融資であるとか、税制の優遇であるとか、いろいろなものがあるということで、そういう準備もされている。

そういうのをどう使っていくかというのは、きっとコンサルタントの方々がアドバイスしてくださるのだと思うのですが、そういうものがあっても、なお、うちはどうなってしまうのだと不安になっていらっしゃる方もいらっしゃるかもしれない。何よりも測量をドローンでやったら、測量士の仕事はどうなるのだというお話も出てくるかもしれない。

実は、こういうことはこれからいろいろな業界で起きます。金融機関も都銀などはこのところずっと何千人の人員を削減しますし、ロボット、ＡＩに置きかえますという話をしています。やはり都銀の中でも大きな心配の声が上がっています。仕事がなくなるのではないかと。私たちは首になるのではないかと。組合の人たちも不安の声を上げ始めている。でも、そうではないのだという説明を経営者の方々はしなければいけないということを今、議論しています。この話は後でもしたいと思います。

これは今始まったことなのかというと、そうではなくて、何度もこういうことは起きているわけです。私、i-Constructionの会議でも一度発言させていただいたことがあるのですが、コンビニエンスストアが生まれてきたというのは、i-Constructionに完全ではないですけども、少し似ているなと思っています。

コンビニエンスストアというのは、今とても便利で、日本全国ありますけれども、コンビニがなかったときというのは、昔何があったのか。昔あったのはよろず屋さんで、何でも売っていました。私も家の近所でも一応酒屋さんだけでも、何でも売っていました。駄菓子も売っているし、学校で使うノートも売っているし、ちょっとした下着、肌着も売っているし、乾物とかいろいろなものが売っている。でも、本業は酒屋さんみたいな、ある意味よろず屋さんがありましたけれども、そういうお店というのは、ご夫婦や家族でやっていらっしゃる。

そういうお店は、スーパーが郊外にできたときに、ばたばたとつぶれていったのです。けれども、実はつぶれなかったところもたくさんあって、つぶれなかったところ、事業を続けることができたところはコンビニに変わっています。

つまり、コンビニエンスストアを運営している会社は何を提供してくれたかということ、個人でやっているよろず屋さん、商店にとってみると、品ぞろえが少ないからスーパーに負ける。そのタイミングに合わせて、適切な商品をタイムリーに並べるというノウハウがない。そして、CRM（Customer Relationship Management）、顧客管理のノウハウがない。なので、近所の人からしてみると、欲しいものが欲しいタイミングでない。品ぞろえも少ない。だから、スーパーに行こうという話になっていたところに、タイムリーに物を置く、そして物流のかわりにコンビニエンスストアがトータルでやるので、タイムリーにある、品ぞろえもあるということで、再びお客様がそこに来てくださるようになったという意味で、個人でやっていたは足りなかった顧客満足につながる、いろいろな仕組みをコンビニエンスの会社が提供してくれた。残ったのは、地域の人たちと親しくコミュニケーションするとか、地域の人が求めるものという味つけをする。そういう人間にしかできないサービスの部分をお店の人たちはやり続けて、人間でなくても、また全国共通でできるものは、コンビニエンスストアの大元の会社がシステム、インフラとして提供してくれる。

そうすることによって、実は事業の持続、継続ができたり、また、昔だったら勤でいろいろなものを仕入れて並べるけれども、売れない。結構な在庫、売れ残りという負担があった。けれども、それもある程度システム的にやってくれるので、売れ残りが少なくなっていく。つまり、生産性も上がったということがあると思うのです。

なので、i-ConstructionのようなＩＣＴを使ったある意味標準化したもの、プレキャスト化、部

材を使ってプレハブ型でつくっていくというのものも、ある意味、一般化、標準化できることによって生産性を上げ、事業の継続につながるようなサポートにもしかしたらなるかもしれない。

でも、もちろんいいことばかりではない。課題があるとするならば、例えばコンビニエンスストアなどは、そうはいいながら、コンビニエンスのファミリーマートやローソンやセブンイレブンやいろいろあるわけで、それぞれの働く人が足りないというのは正直出てきています。

それぞれシステムが違うので、ローソンでは働けるけれども、セブンイレブンでは働けない人がいるのです。レジの打ち方も違うし、物の並べ方も違うし、経理の仕方も違うので、アルバイトさんでもローソンでは働けるけれども、ファミリーマートでは働けない、セブンイレブンでも働けないということがあったりして、そうすると、コンビニ向け人材派遣会社というのが今ありまして、その中で人にランキングをつけているのです。ローソンとセブン両方で働ける人はちょっと給料が高い。ローソンでもセブンでもファミリーマートでも働ける人は、もっと給料が高いといってランキングをつけている。そうすると、コンビニエンスストアからは、どんどん人件費が上がっていく。でも、人は足りないということが起きています。

では、どうしたらいいかという、できるだけ標準化していくことをやっていかなければいけないのだと思います。そういう意味では、i-Constructionは国を挙げて皆さんでいращやるので、メーカーごとに基準が違うということは起こりにくいのだと思いますけれども、どこまで標準化できるかというのは、1つ大きな課題であると思いますし、コンビニエンスストアから学べるいいところと悪いところ、課題ということもいえるのではないかなと思っています。

もう1つ、例になるなと思っているのは、タクシーの会社で第一交通産業さんがいращやいます。北九州のタクシー会社さんで、最初は5人からスタートしたとおっしゃっていましたが、今、全国三十幾つの都道府県でタクシーを運営されています。幾つかの会社は、もう経営が難しいところを買われていますけれども、幾つかは提携をした形でやっていращやいます。

小さなタクシー会社さんは、なかなか大変な中で、ある程度インフラであるとか、車両を共有で買うとか、一緒にやれるところは一緒にやりましょうということをやって、広がっていつていращやいます。

この会社さんのお話の中で大変おもしろいなと思ったのは、バス会社も持っていращやるのです。沖縄には琉球バス交通と那覇バスというバス会社が2つあるのですけれども、両方とも経営が難しい、収益が上がらないということで、第一交通さんがお買いになりました。買収というと嫌がられるのですけれども、困ったので買って下さいといわれて買っているのがあって、買収したのではないと。頼まれて買ったのだといつもおっしゃられるので、言葉は気をつけなければいけないのですけれども、お買いになった。

今、沖縄の75%のバスの運営、経営をされているわけですが、沖縄で観光社も含めて路線バスの運営をしていくというところなのですが、常にたくさん人が来るわけではないのです。沖縄もたくさんツアーの人が来るときと来ないときがあるのです。沖縄は、実は3月、9月というのは団体客が少ないそうです。個人でどんどん人が来てしまうので。団体客、路線バスとかある意味ガイドさんが必要なバスを使ってくれる人は、3月、9月は来ない。それ以外のときに来る。

でも、その間にガイドさんとか運転手さんを雇っておかないと、ほかに行かれたら、いざ必要のときに働いていただけない。どうしようと。その間、実はとりあえずほかに行かないでねといって、毎月1人3万円ずつぐらい払うわけです。そうすると、月に500万ぐらい。仕事はないけれども、浮気されたくない人たちに払うお金というのがあって、数千万円が仕事をしていない人に払うコストになっていたわけです。

でも、その社長さんが何をされたかという、たまたまテレビをみていたら、北海道の礼文島というのは北の端っこで、バスの運転手さんやガイドさんがいないので困っていると。3月、9月が一番お客さんが来るのだけれども、バスの運転手さんがいないと。うちと逆ではないかと。では、うちのバスガイドさんとか運転手さんを礼文島にその期間だけ派遣するのはどうだろうかということを考えるわけです。宗谷バスさんにご提案したら、それはありがたいと。いろいろなところから運転手さんやガイドさんを集めているのだけれども、なかなか集まらないと。では、そうしましょうと。

バスも半年だけで黒字にするのは大変難しいと。であるならば、バスのリースも一緒にやりましょうということで、リース会社にご提案されて、宗谷バスさんと第一交通さんがリースを半分ずつもつという新しいリース契約をつくり上げて、一緒に5,000万円のバスを買う。

今までは、宗谷さんは半年で5,000万をちゃんとリースで返せるようなビジネスをやらなければいけなかったけれども、できなかった。でも、半分ずつもつとできるようになったと。

かつ、第一交通さんは、働かないけれども、逃げられないために毎月払っていた合計500万、トータル数千万のお金を、北海道で働いてもいいよという人たちに働いてもらうことによって、それがゼロになるどころか、さらなる売り上げになったわけです。

かつ、ガイドさんたちはしゃべるのが好きですから、北海道だけでなく、沖縄の中の旅行会社とか、いろいろなところで仕事がない時期、旅行会社さんで案内をやりますとか、受け付けをやりますとやってくださるようになって、今の時代の兼業、副業です。きのう、厚労省さんと話していたら、そこは雇用契約書をちゃんとみなければいけないといっていましたけれども、さすが厚労省さんだなと思いました。

そういう一人の方が多能工として、でも、子供もいるので北海道は行けないという人は、北海道の中で観光にかかわるほかの仕事をその期間はやるということをやさげたりして、第一交通さんという会社さんが交通、観光にかかわるいろいろなビジネスに人を派遣するというにまで広がっていくし、その会社がすばらしいと思うのは、やらせ感をもたないようにするというので、行きたい人、やりたい人にやってもらう。そして、やりたい仕事を提案してもらうということをベースにされているので、やらせ感で働いている人は余りいないのだとおっしゃっていました。

そういう意味では、こうやって第一交通さんが全国をネットワークしていくことによって、標準化できるものは標準化していくし、そうすることによって、まさに生産性を上げるというか、コストを下げるということをしていくことができるし、収益のチャンスを増やしていると思うのです。コストを下げるだけではなくて、さらにプラスに変えていくということをやさげている。

今、i-Constructionのようなものを使って、みんなで同じ人材派遣の会社をつくっていくとか、

建機やシステムを地域を越えて共有していくということが起きる。標準化が進んでいくと、もしかしたらコストが下がるだけではなくて、収益をさらに上げていくという新しいアイデアが生まれてくるかもしれないと思うわけです。

そういう意味で、生産性革命にどんなチャンスがあるかという前に、これを迎えるに当たって、私たちがやらなければいけないことがあると思うわけです。それを最後、3つ言っておきたいと思います。生産性革命を受けとめていく、もしくは活用していくために私たちがやらなければいけないことを3つあえて上げるとするならば、まず1つは、私たちが取り組んでいる仕事の中で、ICT化できるものは何なのか、また、みんなと共有で使える部分はどこなのか。シェアリングできるものは何なのかという棚卸しをすることだと思うのです。

シェアリングするところで、あまり日本の中で競争はしていけないように、いいものが出てきたら、みんなでもいいものを使おうと変えていくべきなのだろうとは思いますが、機械でできること、ICTを使えばできること、みんなと共有して使えるものって一体何なのだろうかというのをまず整理して、棚卸しして、明確にするということ。それは、まさに i-Construction コンソーシアムみたいなものがどんどん取り組んでいていただければいいのかなと思ったりします。

それを1つ目にやったならば、2つ目にやらなくてはいけないのは、我が社の強みになる部分はどこなのだろうかと。他にはなくて、我が社にしかできないものは何なのだろうかということ在必死で考えなければいけないということになると思うのです。

これから人工知能、ロボットというものが出てきたら、確実に起きるのが人工知能やロボットの部分は、みんなで開発合戦もあるかもしれないけれども、ある程度共通になってしまうのです。そうすると、差別化して人にしかできない部分になってしまうわけです。

例えば私が先ほど申し上げた静岡銀行ですけれども、10年前に実はシステム投資を大きくしています。銀行の支店は行かれたことがあると思いますが、お客様と対応するカウンターがあるところがありますが、実はその裏側に事務をやる部門があります。その広さの配分というのは、お客様が対応するところが3割、裏で事務をやる部分が7割ぐらいの広さを使っているのです。実は人も相当な数、後ろにいるのです。

そこで、支店の中でシステム化をどんどんやりました。紙を一切なくしましょうと。全部ペーパーレスにして、お客様はもちろん紙に書いていただくのですが、全部カメラで撮って、本社のサーバーに全部上げていく。だから、支店の中に紙を置いておく倉庫をどんどんやめていったのです。そうすることで、紙に判子を押す人たちの数も減る。紙を処理してちゃんと整理する人の数も要らなくなって、実はバックオフィスで働いている人たちの6割がそこで仕事をする必要がなくなりました。

では、解雇したのかというと、解雇はしていません。その人たちには、人にしかできない仕事に移っていただいたのです。機械ができること、ICTができることはそちらにお任せして、人にしかできないことは何かというと、お客様のところに訪問して、お客様のニーズは何か、お困り事は何か、さらにはお客様にご提案できることは何かということを考えて、新たに提案をする。お手伝いをする。また、ネットワークをご提供する。人と人をつなぐ、会社と会社をつなぐというお仕事

にみんなかわっていただいたのです。

でも、これって1日、2日、1ヵ月、1年でできる仕事ではないのです。やはり通って、経験を積んでいくということがすごく大切。もちろん研修もやらなければいけない。

10年たった今、何が起きているかといいますと、これだけマイナス金利で各銀行大変なのですけれども、融資は伸びています。この中に静岡の方がいらっしゃったら、静銀といえば渋銀という、なかなか貸してくれないといううわさを聞いていらっしゃる方もいらっしゃると思いますが、10年前に比べて、今、静岡銀行は、かつては貸せないと思っていた、判断していた会社さんよりも低い会社さんにお金をお貸しすることができるようになっています。

それは、バランスシートだけをみるのではなくて、経営者さんとお話をして、この経営者さんがどれだけ信頼できるかということも含め、そしていろいろな方をご紹介して、一緒にビジネスを大きくしていくというお手伝いをするという人間にしかできないサービスができるようになったから、数字だけでは貸せなかった会社さんにお貸しできるようになっている。

10年もかからないですけれども、今やらなければいけないのは、AIとかロボットとかがどんどん入ってくればくるほど、人にしかできない仕事の部分が最大の差別化になっていく。とするならば、その差別化になる部分は何なのかというのをよくよく精査して、その部分をどう拡充していくかということを今考えていかなければいけない。土木、建設にそんな部分があるのだろうかと思われる方がいらっしゃるかもしれないし、関係の人たちだから、あるあると思ってくださると思いますが、どんな道路をつくるのか、どんな工事をするのかだけではなく、そういった工事、道路をつくるときには、必ず付随して、いろいろなものがこれから出てくる。そこに対していろいろなアイデアをつけていく。

例えば、橋。うちの父は橋をつくっていましたので、橋の話は子供のころからよくしていましたが、橋は通るためにあるのか、離れたところを渡るためだけにあるかということ、そういうわけではないと思うのです。橋自身が稼ぐということだってできるかもしれない。橋自身が渡るだけではない役割をする方法がこれからあるかもしれない。そういうことも考えていかなければいけない。これは、人工知能やロボットはできません。橋というものがいろいろな業界と連携していくことによって何ができるのか。橋というものがデータを提供することで、もしかしたら新たなセキュリティが要るとか、新たな何かを提供することができるかもしれない。

特に道路とか橋とか建物とかは、人が行き交う、車が行き交う、荷物が行き交う、そこにはデータが発生するのです。21世紀のオイルはデータだといわれています。20世紀はオイルマネーという言葉がありました。石油をもっているところが強かった。石油をもっているところにお金が集まったといわれていますが、21世紀はデータをもっているところにお金が集まるといわれています。そういう意味では、常に何かを通り過ぎる場所である道路、橋、鉄道もそうですし、建物というのがどのようにデータをもち、そのデータをいろいろなところと連携させていくかというのは、実は物すごい件数なのです。

だから、私は、都市というのはこれから物すごいところになるだろうなと思っているのです。ただ人が行き交うだけではなくて、そこはデータが行き交う場所なので、ここには物すごいビジネス

チャンスがあるだろうなと思っています。

では、どんなビジネスチャンスがあるのかというのは、人が考えなければいけない。どういう人を育てなければいけないのか、どのようにその部分をつくっていったらいいのかというのは次考えなければいけない。

なので、3つ目に我々がやらなくていけないのは、そういう新しいロボットや人工知能にはできない発想、そしてコラボレーション、連携ができるような人材を育てることが必要になってくるのだと思うのです。

人材育成という言葉は、とても難しい言葉だなと思っています。人を育てると簡単に言うけれども、簡単ではなくて、なかなかできないし、それから古い考え方をもって人を育てて、新しい考えをもつ人はなかなか育たない。私も若い人たちと話していると、発想の違いに、ああ、だめだ、もう年だと思うのですけれども、であるならば何をしなければいけないかというと、新しい発想が生み出せるような職場の環境をつくっていかなければいけないということだと思うのです。

1つ大切なのは、物理的環境もそうですし、とても大切なのは、会社が目指すビジョンというものの、もしくは哲学みたいなものをきちんと明確にして伝えるということだと思うのです。なので、道路をつくる会社ですと今までいっていたのだけれども、そうではなくて、道路をつくることを通じて、一体社会に対して何を提供したいと思っているのかということ言葉を介して、皆さんに共有する。そうすると、それを皆さん心の糧にして、いろいろな発想ができるわけです。

例えばさっきのデータの話をするれば、あらゆる人たちが道路というものを使って、安心・安全、事故が起きない場所を提供するのだとか、そういう環境を提供するのだというのも、道路会社なのだけれども、本当に提供しようと思っているのは道路ではなくて、安全・安心に移動できる場所なのですということ例えばビジョンにしたときに、社員の人たちは道路をつくるという技術だけではなくて、そこにもっとほかにもどんなものをくっつけていったらいいのかというのが発想できることになっていくのだと思うのです。

なので、まず1つはビジョンを明確にしていくということ。究極、自分たちがつくっている道路はどんなのだろうとか、自分たちが今、整地している土木工事というものは、本来何のためにやるのだろうかとか、本質の本質の本質に一度戻ってみて、それを言語化してみる。そこにすごいチャンスがあるのだと思うのです。

なので、まず人の能力を開花させるためには、目にみえている目標、ゴールではなくて、まずみえていない、もっとそれを包括するようなビジョンを言語化して、伝えるということが1つすごく大事なことだと思います。

そしてもう1つは、やはりさっきの第一さんではないですけども、やらされ感がある環境の中で、人は決して発想が豊かになりませんので、現場の声がどんどん上がってくるような環境をつくるということ。いろいろな仕事を通じて、アイデアがあればどんどん上げていってほしいという風通しのよい環境を会社の中でどうつくっていくか。会社の中だけではなくて、外からもそういう声がいかに上がってくるような職場環境をつくっていくか。

特に道路とか土木というものは、地域に開かれたところであるはずなので、もっと地域の方々の

声を聞いていくとか、地域の方々の知恵を借りていくとか、まさにポータルサイトみたいな場だと思うので、こういう国土交通省さんが所管されている分野はある意味国土ですから、全ての場なので、実は全てこの地球上というか、日本で生きている人たちは、みんな何らかネットワークできる人たちだと思いますので、そういう人たちにどれだけ関わっていただくかということになるかなと思っています。

そういう意味では、やらなければいけないことは、まず標準化、シェアリング、ICT化できることは何かということを精査する、棚卸しをすること。そして、我が社が強みとする部分は一体何なのか。それは、いいかえれば、我が社が目指すビジョンとは何なのか。道路だとか、土木だとか、先にみているものは何なのか。もしかしたら創業の精神の中に、創業者の人が語っているかもしれない。それを明確にしてください。

そして、3つ目は環境をつくる。人材が育つ、発想が出てくるような環境をつくるということが今、私たちが着手しなければいけないこと。それが結果として、生産性革命というものを我々にとってプラスになるものにしていく、とても大切な3つなのではないかと思っています。

私自身、父がまさに橋をつくる、土木ということを仕事にしていたので、子供のころからよく橋をつくっている現場に連れていかれました。本当によく思い出しますけれども、大体橋を下からみせられるのです。子供って引いてどんな橋かというのがみたいのですが、大体父に橋の下に連れていかれて、これは何とか工法だとか、あのねじがポイントだとか、全く意味不明だったけれども、いつも連れていかれて、そのたびに父にいられたのは、この部分が世界初なのだと。この部分が日本初なのだと。未来をつくっているのだということを常にいわれました。

この橋は初めてつくった。この工法は初めてなのだよと。発明なのだよ。今まで誰もやらなかったのだよ。これによってこの橋はこんな意味をもつのだよということを常に話されていて、よくわからないけれども、何かかっこいいなと。世界初、日本初、すごいことだといわれて、かつ、父が少し大きくなってから教えてくれたのは、土木という言葉は、もともとはシビルエンジニアリングという言葉があるのだよと。なので、シビルエンジニアリングってとてもかっこいい言葉で、私がイメージしていた作業服を着て一生懸命やるというのではなくて、まさに非常に哲学をベースにした人をつくっていく環境をどうつくっていくかという仕事なのだと。シビルをつくっていく技術、社会をつくっていく。まさに道具が人を進化させるといいましたが、環境は意識を規定するという言葉も使われていますが、まさに環境をつくっていく。そこに行き交う人の意識を変えていく存在なのだと聞いて、すごい仕事だなと思って。

なので、私は、ずっとこういう仕事にあこがれをもったままなので、こうやって国土交通省さんに関わらせていただけるのは本当にうれしくて、そして、いよいよそれをどの業界よりも先にリードできるチャンスがやってきた。意識の変革は、政治が行うとか、そういうイメージがあるけれども、実は環境を変えていくことによって、人の意識がじわじわと変わっていくということを土木であるとか、建設であるとか、まちをつくる仕事は実は静かにやっていくことで変わっていくかもしれない。今、すごくわくわくできる時代になってきているのだと思うのです。

そういう意味では、生産性革命というのは、ただ人が減っていく中で、いかに効率化していくか

とか、いかにコストを下げてくかということだけではなくて、やはり我々の未来につながる新しい意識改革を側面から支援していくことであり、また我々一人一人の人間がもっている能力、一つ一つの会社がもっている強みを開花させる、まさに環境づくりなのだと思うのです。そういう意味では、大変楽しい時代になりました。だけれども、大変苦しい時代でもあります。でも、先にあるのは、未来をつくるというゴールだと思いますので、またぜひ私もその端っこで未来づくりに関わらせていただけたらうれしいと思っております。

というところで時間になりました。私の話はこのあたりで。ご清聴ありがとうございました。

——了——

第 3 章 一般講演

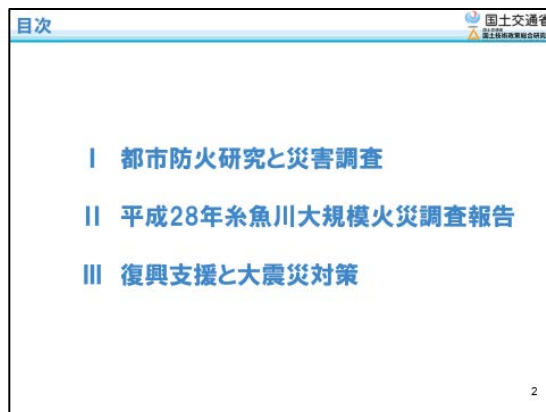
3.1 都市防火研究と災害調査 ―平成 28 年糸魚川市大規模火災調査報告―

(都市研究部長 佐藤 研一)



皆さん、おはようございます。都市研究部の佐藤でございます。きょうは一日、どうぞよろしくお願いいたします。

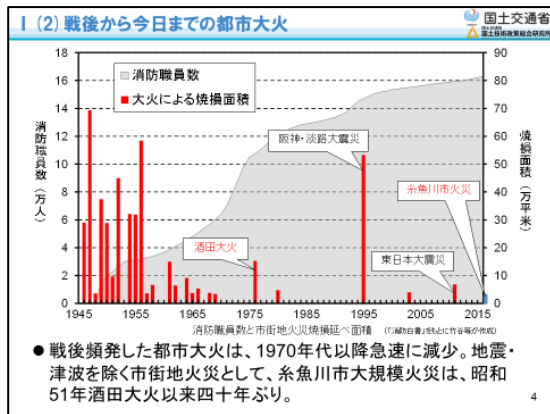
私からは、ご覧の都市防火研究と災害調査についてご紹介させていただきたいと思います。朝一番ですので、少し楽にしてお聞きいただきたいと思います。



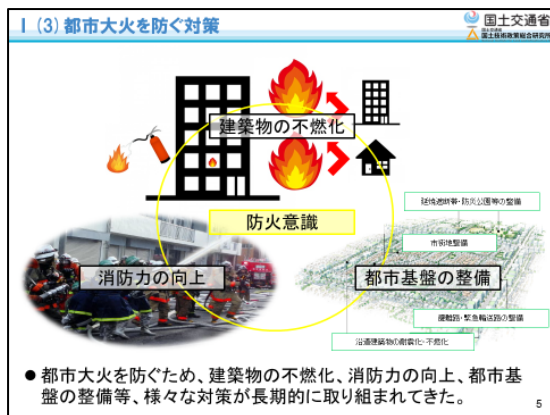
話の構成ですが、初めに都市防火研究と災害調査について、これまでの活動のごく一部をご紹介して、それから平成 28 年、昨年の糸魚川火災の調査報告、最後に今後の復興支援と大震災対策について取り組み事例を少しご紹介していきたいと思います。



昨年起こった糸魚川火災です。上空からの映像です。左側のほうに北陸新幹線の糸魚川駅が見えますけれども、その駅前から右側の日本海に向かって、煙と炎が広がっているのがわかると思います。

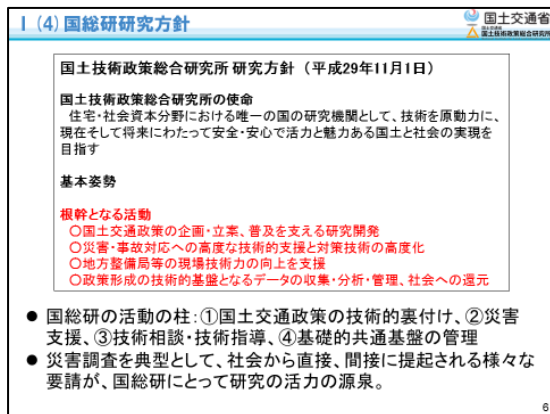


皆さんご存じだと思いますが、この規模の火災というのは久しぶりで、阪神・淡路大震災や東日本大震災といった地震時の火災を除く火災としては、昭和51年の酒田大火以来、実に40年ぶり。ということで、今回の火災は、条件によっては今でも全国どこでも大きな火災が起こるという警告になったと思います。



これまで大きな火災が減ってきたのは、人々の防火意識が一番背景にあるわけですが、ここにあるように、消防、あるいは建築、都市でのさまざまな取り組みのおかげだと思っています。

今後も都市大火を防ぐ対策は、国が地方や民間や住民と一緒にやって取り組んでいかなければいけない重要な政策だと思っています。



国総研では、先ほど所長からも紹介がありましたように、国の政策の技術的な裏づけや災害支援、それから現場への技術指導などを行っています。

ご紹介する都市防火研究、災害調査についても、国総研にとっては、旧建設省の建築研究所時代からずっと続く、非常に重要な研究テーマだということをご理解いただきたいと思います。



ここで事例を2つほどご紹介したいと思います。はじめに昭和51年の酒田大火です。証言にあるとおり、火の粉が猛吹雪のように飛んだとあります。当時の建設省の建築研究所は、火災の翌日には現地に入って、右側にあるような延焼がどのように広がったかという状態を調べて報告したということです。



当時、ようやく電子計算機が発達してきて、建築研究所でも延焼シミュレーションを開発したようです。酒田の現場の市街地データを入れて、延焼シミュレーションをやってみたのですが、やはり当時はまだ研究が十分でなかったもので、延焼がうまく表現できなかった。右側にありますが、どんどん広がって、なかなかうまく再現できなかったようです。



それから、もう1つの事例は、平成7年の阪神・淡路大震災です。各地で市街地火災が発生しました。建築研究所は、ここでも地震の翌日から現地に入って、地図の黒いところですけれども、道路などの延焼遮断帯はうまく機能したのですが、道路の中の密集市街地が燃えて、区画内部の密集市街地の危険性が明らかになったということです。



そこで、平成10年に建築研究所の敷地内に火災風洞実験施設を新たに建設して、さまざまな実験を重ねて、それをもとにシミュレーションを大幅に改良して、かなり精度の高いシミュレーションを開発しました。

こうした都市防火研究と災害調査は、現在も国総研、それから独法の建築研究所に続く非常に重要な研究であるということをここでご理解いただければと思います。

II 平成28年糸魚川大規模火災調査報告

● 国土交通省国土技術政策総合研究所と国立研究開発法人建築研究所が共同で実施 平成29年7月公表
国総研 都市防災、防火基準 建築研究所 防火研究、住宅・都市研究の5人チーム
 (報告書 <http://www.niiim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0980.htm>)

[1次現地調査] 平成28年12月25・26日

- 国土省住宅局の派遣要請により、延焼拡大・焼止まり要因検討のための基本的情報収集を目的に、調査を実施 平成29年1月速報公表

[2次現地調査] 平成29年3月6・7日

- 現地消防本部と住民へのヒアリング調査を実施

[火災時の映像・画像等に基づく延焼状況の推定]

- 火災当時の映像・画像の収集・分析を行い、各建物への延焼時刻や延焼方向、飛び火した可能性のある建物特定

[飛び火に対する抵抗性の検証実験]

- 瓦の隙間に侵入する火の粉の形状・大きさを木片散布実験で確認。火の粉が屋根下へ着床し燃え掛けるのかを飛び火実験で確認

[市街地火災シミュレーションによる延焼性状の推定]

- 現行法令で求められている防火性能を確保した際の延焼性状を把握

11

ここからは本題の糸魚川火災に入ります。国総研と今、国立研究開発法人になった建築研究所が共同で5人のチームが調査して、この7月に報告書を発表しています。その内容をご紹介しますが、大きく1次現地調査、2次現地調査、それから画像映像分析、飛び火実験、最後に延焼シミュレーションの5つの順番でご紹介したいと思います。

II (1) 1次調査 ①火災の概要

[日時] 出火 12月22日(木) 10時20分頃
 発知 12月22日(木) 10時28分
 鎮圧 12月22日(木) 20時50分
 鎮火 12月23日(金) 16時30分

[焼損棟数] 147棟
 (全焼120棟 半焼5棟 部分焼22棟)

[焼損延べ床面積] 30,412㎡

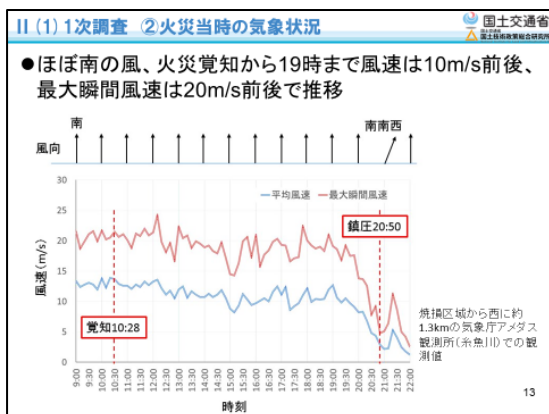
[負傷者] 17人(一般2人 消防団員15人)
 ※中等症1人、軽症16人

[避難動向] 12月22日(木) 12時22分
 ～本町、大町2丁目(273世帯 586人)
 12月22日(木) 16時30分
 ～大町1丁目(90世帯 158人)
 ※12月24日(土) 16時00分に解除

(出典) 糸魚川市城北大火対策本部資料

12

火災の概要ですが、火災は2日にわたって燃えて、建物で147棟、それから延べ面積で3万平米を焼いたということです。



当時の気象状況ですが、糸魚川では地名をとって焼山おろし、姫川だしと呼ぶ強い冬の南風が吹いていて、フェーン現象が起こっていたということです。



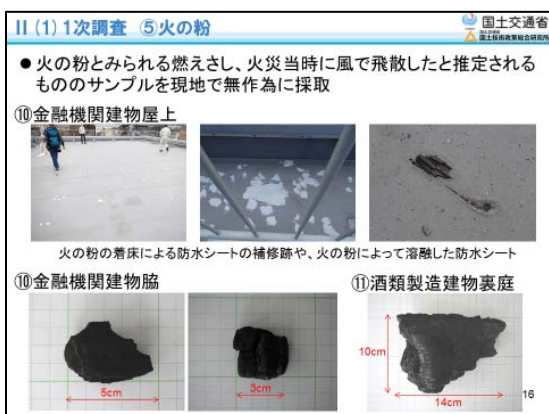
か外壁、窓などの開口部に防火規制がかかっています。

被災地区の概況ですが、古くから加賀街道の宿場町として栄え、今も雪国に特徴的なアーケードのような雁木ですとか、あるいは酒蔵、老舗割烹が残っていた場所です。

過去にもたびたび火災があつて、今回の火災は直近では昭和7年の区域と重なっていますので、昭和7年直後に建てられた建物がかかなりたくさん残っている地区でした。昭和35年には準防火地域指定されて、その後の建物については屋根と



現地に入った1次調査ですが、燃え残った建物とか焼け止まり線を確認したほか、固い建物の上に上がって市街地の被災状況などを確認しています。



それから、屋上では火の粉で溶けたとみられる屋上防水シート、地区の内外からは下にあるような火の粉とみられる燃えさしを採取しています。



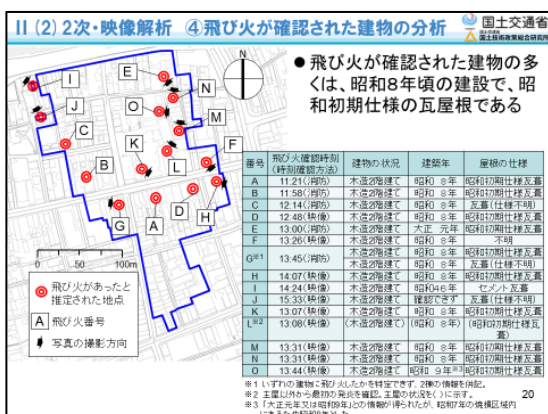
ここから2次調査と映像解析について説明します。現地で消防、住民や業者さんからどんな状況だったかをヒアリングする、あわせて地元のテレビ局などの映像を収集して、それらを総合して、火がどのように広がったか、あるいはいつごろ、どういう建物に移ったかを分析しました。



その例の1つですけれども、左側の映像で延焼している地区からちょっと離れたところの建物の屋根の上から煙が起っています。実際、鎮火後にその建物を確認したところ、やはり棟木のあたり、屋根の上に燃えた跡が残っていたので、これをもって飛び火があったと判定している例です。



そういった解析をさまざまやってまとめたのが、この市街地延焼動態図。いつごろ、どのように火が広がったか、それと飛び火がどうであったかというのを調べたもので、現地の消防が10棟飛び火を確認していたのですが、国総研でさらに5棟追加して、飛び火があったと判定しています。



今説明した飛び火があった建物をさらに分析すると、木造の建物で昭和7年の大火直後に建てられた建物が多い。さらにもう1つ特徴的なことは、屋根が昭和初期のままだったということで、この2つの特徴が明らかになりました。

II (3) 2次調査・実験 ①飛び火要因(瓦屋根の仕様)

●糸魚川市における、昭和初期に建設された建物の瓦屋根の標準仕様(昭和初期仕様)と、現代の瓦屋根の標準仕様(現代仕様)について、現地調査及び全日本瓦工事業連盟にヒアリングを実施。

	昭和初期仕様 糸魚川	現代仕様 屋根標準施工
野地板	巾3寸厚12mm目透し	構造用合板【野地板】
防水層	【巻木羽 杉3mm】／杉皮	アスファルトルーフィング／【高分子系下葺材】
瓦	地場産(古い能登瓦) 49判(49枚/坪)	工業製品化 53A JIS規格判(53枚/坪)
留付け	銅線縛り(瓦尻は瓦棧に不載)	引掛け瓦棧、釘留め
葺き土	【葺き土】／モルタル	南窓漆喰

※【】は、仕様が複数ある場合に、試験体で用いた仕様

昭和初期仕様 現代仕様

昭和初期仕様の瓦屋根では、瓦のねじれや寸法の不揃いに伴って指1本が入るほどの隙間が多数見られた

昔の屋根と今の屋根はどう違うかということと比較、調査したところ、下の写真にあるように、昔の瓦というのは、今の工業化製品の瓦と違って、寸法がまちまち。反りがあったりして、瓦と瓦の間に少し隙間がある状態になっています。

それだけではなくて、瓦の下地板ですとか、あるいは防水層も今よりも防火性とか耐久性に劣る点がみられる。

II (3) 実験 ②実験に用いた試験体

●昭和初期仕様と、現代仕様の試験体を作成
 <昭和初期仕様> <現代仕様>

ということで、昔の瓦屋根が飛び火の1つの原因であったのではないかということを検証するために、試験体をつくって実験することにしました。昔の瓦と今の瓦、葺き方も昔の形と今の形で作って実験をしたということです。

II (3) 実験 ③木片散布実験

●家屋に火の粉が降積する状況を想定し、火の粉を木片で代替して瓦屋根への火の粉の侵入状況を検証するための実験を実施
 ●現代仕様の瓦下に侵入した木片体積は、昭和初期仕様の3～4%

まず、火の粉で実験する前に、予備実験として、屋根の上から小さな木片を飛ばして、その木片が瓦の隙間からに下に入り込んでいくかという実験をしたところ、現代の瓦はほとんど入らなかったのに対し、昔の瓦は結構たくさん入ったということでした。

II (3) 実験 ④火の粉による出火実験

●風上より火の粉を吹き付け、屋根下地への火の粉の着床及び燃え抜け状況について実験により確認

その上で本実験の火災風洞実験をこういう形で行ったということで、ビデオをちょっとご覧いただきたいと思います。



手前の木材が燃えているところから、火の粉が屋根の上に飛んでいって降り積もっている。これは昔の瓦なのですが、隙間に結構入っています。屋内からみると、下地に燃え移って、こういう形で屋根裏に燃え広がるという現象が見られました。

II (3) 実験 ⑥ 実験結果

昭和初期仕様

◇昭和初期仕様◇

- ・昔の瓦は反りが大きく、重ね部に生じた隙間より火の粉が侵入しやすい。
- ・一旦、屋根下地に侵入すると、防水層が燃えやすく容易に屋内延焼する。

下地の焦痕 計932

◇現代仕様◇

- ・瓦上部に堆積して燃えるだけで、屋内へは延焼しない。
- ・屋根下下地での焦痕数の比較では、現代仕様では約1/80に減少。

計11

26

これは、昔の瓦と今の瓦の比較ですけれども、昔の瓦屋根では屋根裏に燃え移ったのですが、現代の瓦屋根では燃え移らずに、瓦をはがした後の下地の燃え跡をみても、随分数が少ないという結果になっています。この実験によって、飛び火が多かった理由の1つとして、昔の瓦があったのではないかという仮説が成り立ったのではないかと思います。

II (4) シミュレーション ① 延焼拡大要因(建物の防火性能)

● 焼損範囲は準防火地域内であったが、古い建物が多く、準防火地域の木造建物に必要な性能を有していない建物が混在(推定)

市街地①: 再現市街地

構造	建物棟数	
	データ作成範囲	赤枠内
耐火	17	7
準耐火	40	22
防火構造	91	56
裸木造	202	121
計	350	206

既存不適格: 準防火地域指定前に建てられた現行基準に適合しない建物

市街地②: 裸木造を全て防火構造に変更
外壁、軒裏、窓など開口部に防火措置

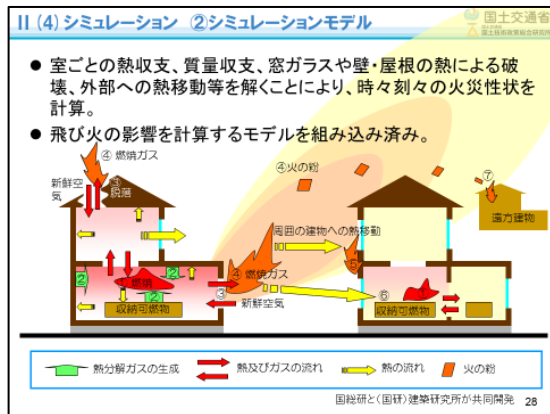
市街地③: ②+屋根も現代仕様に変更
昭和初期仕様の瓦を現代仕様の瓦に変更

27

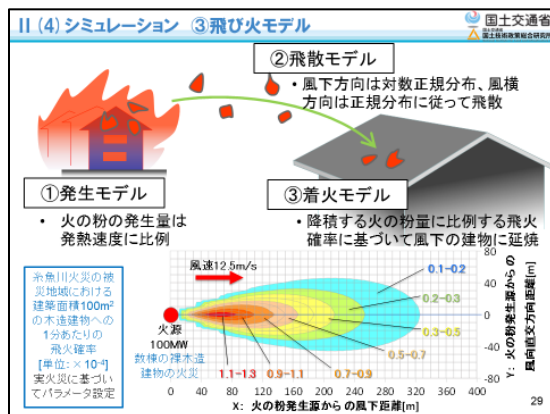
その上でさらに、建物の外壁とか屋根、今、瓦の話もしましたが、そういった建物の外皮の防火性能が市街地の延焼拡大にどう影響するか、これは実験では調べる事ができないので、シミュレーションでやってみました。

当時の市街地の状況を再現したものと、昔の木造建物を今の基準に合わせた形での市街地、それからもう1つ、瓦屋根も現代の瓦に葺きかえた市街地の3つのタイプのデータを入れて、シミュレ

ーションしました。



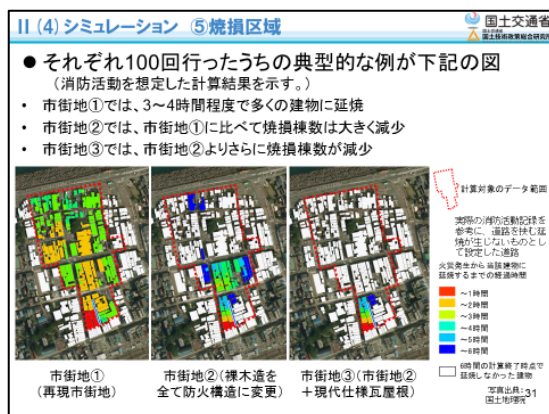
シミュレーションモデルは、建物の外壁とか屋根の違いも反映して精緻にできる最新の高度なモデルで、火の粉もモデル化しています。



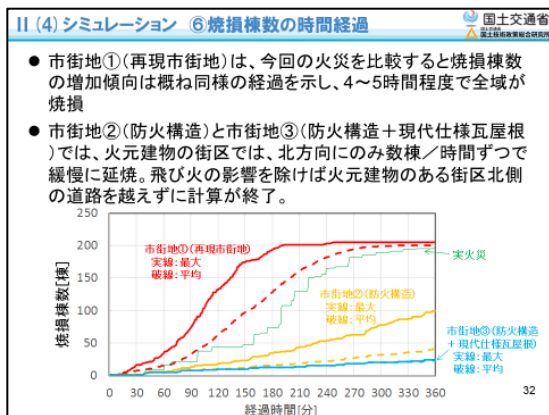
火の粉については、今回の実験や調査の結果に基づいて、発生、それから飛散、屋根に燃えつく着火までを、確率的に表現するモデルを組み込んでやっています。



これがシミュレーション動画ですけれども、海の方から見たものです。速いのですが、駅前の方からばらばらに火が燃え移っていることがわかって、飛び火があったというシミュレーションになっています。



それを3つの市街地で比較したのがこれで、再現市街地ではやはり3、4時間で燃えたのに対して、規制をした場合には、範囲が狭まって、それから時間もゆっくりになった。それで、さらに瓦も現代瓦に変えたシミュレーションでは、火元の街区だけに火災がおさまっているというシミュレーション結果になっています。



それから、これはシミュレーション結果を時間経過でみたものですが、赤い点線が再現市街地で 100 回シミュレーションした結果の平均値で、実火災は緑色になりますが、それとはほぼ合っているということで、シミュレーションの結果はかなり精度が高いということがわかってと思いますし、②や③の市街地は随分と燃える数が減っているということがわかります。

結論的にいえば、今回の調査報告は、準防火規制の有効性がある程度検証できたということと、規制だけではやはり十分ではなくて、住民の自主的な建物の維持、管理、改修が非常に重要だということがわかったのではないかと思います。

III (1) 復興支援 ① 災害に強いまち

● 歴史や伝統を継承する復興まちづくり

- 様々な市街地特性などを適切に条件化することや、空地や高幅員道路の確保、延焼遮断帯の整備等の効果を含め、引き続き検討することが重要

糸魚川市北復興まちづくり計画

● 目標
カタイ絆でよみがえる笑顔の街道糸魚川

● 3つの方針

- ① 災害に強いまち
- ② にぎわいのあるまち
- ③ 住み続けられるまち

● 復興まちづくりの進め方
これまでの歴史に培われた糸魚川らしい市街地形態を継承する「修復型のまちづくり」を進めていきます。

国石 ヒスイ

33

残り時間も少ないので、最後に復興支援と大震災対策についての事例をご紹介して終わりにしたいと思います。

糸魚川市では8月に復興計画を策定しています。雁木のまちづくりなどが内容になっていますので、引き続き国総研としてはシミュレーションなどを活用して支援してまいりたいと思っています。

III (1) 復興支援 ② にぎわいのあるまち・住み続けられるまち

● 既存建物の有効活用による地域活性化や観光振興

- 建築物の用途変更や改修を円滑化するため、防火・避難規定や立地規制の合理化に向けた技術開発を実施

木造のまちなみを維持しつつ改修(宿泊施設) 廃校の活用(高齢者向け有料賃貸住宅)

総プロ「防火・避難規定等の合理化による歴史的建築物等の有効活用に資する技術開発」(平成28年度~32年度)

34

それから、全国各地で既存の建物の有効活用による地域活性化や観光振興といった動きがあります。糸魚川もそうですけれども、高齢化などの同様の課題を抱えている全国の都市に対して、国土交通省の総プロという事業の中で、建物改修、用途変更を円滑化するような技術開発も行っています。

Ⅲ (2) 大震災対策 ① 密集市街地の脆弱部分対策

国土交通省
国土政策局防災課

- 首都直下地震や南海トラフ地震等の大震災に備えた対策の検討
- ・ 密集市街地の防災面での脆弱部分と大きな被害をもたらすおそれのある新たな災害事象について、効果的な対策とその効果を明らかにする

事項立て「地震時の市街地火災等に対する都市の脆弱部分及び防災対策効果の評価に関する研究」(平成26年度～28年度)

35

大震災対策ですけれども、密集市街地対策ということで、延焼シミュレーションのほかに避難シミュレーションもありますので、それらを使って、現場で求められる、より即効的な対策の検討手法を提案しています。

Ⅲ (2) 大震災対策 ② 救急救命対策、避難対策

国土交通省
国土政策局防災課

- 首都直下地震や南海トラフ地震等の大震災に備えた対策の検討
- ・ 大規模市街地火災を想定して、緊急輸送道路や広域避難地の安全性等を検証する

事項立て「地震火災時の通行可能性診断技術の開発」(平成29年度～31年度)

科研費「関東大震災で大きな被害をもたらした巨大火災旋風の現代の市街地での発生可能性」(平成29年度～32年度)

36

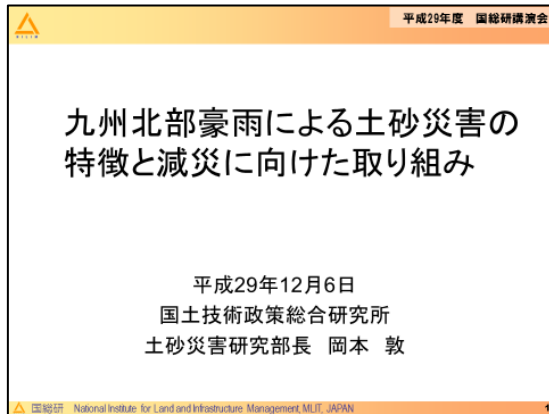
それから、最後、地震時の同時多発する大規模市街地火災を想定して、緊急輸送道路や広域避難地の安全性なども検証するような研究も現在行っているところです。

以上、国総研として引き続きさまざまな研究を行って、現地のニーズに応え、国の政策に応じていくということで、私の説明を終わりにしたいと思います。引き続きご指導ご協力よろしくお願いします。どうもありがとうございました。

—了—

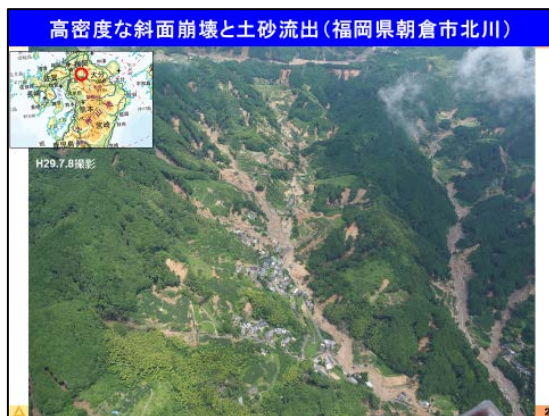
3.2 九州北部豪雨による土砂災害の特徴と減災に向けた取り組み

(土砂災害研究部長 岡本 敦)



土砂災害研究部長の岡本です。よろしくお願いいたします。

本日は、今年7月に起きました九州北部豪雨による土砂災害の特徴と減災に向けた取り組みについて発表させていただきます。



まず、この写真のように、福岡県朝倉市の北川、筑後川の右支川になりますが、7月5日の午後、線状降水帯を伴う集中豪雨により高密度に崩壊が発生し、かつ土石流となって、北川を流下しました。さらに雨量が例えば1時間で100ミリを超え、24時間では500ミリを超えるような大量の雨量があったため、発生した土砂と流木が筑後川の本川、あるいは有明海まで流下したという災害現象でありました。

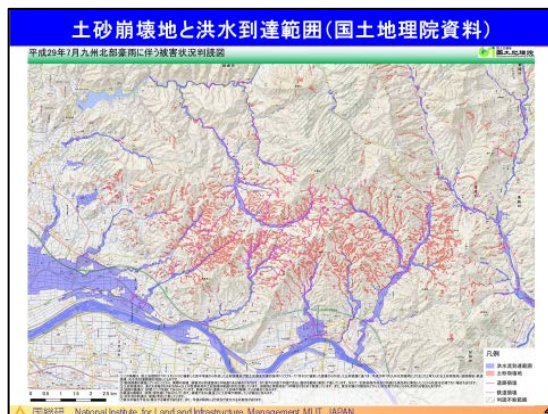
福岡県の朝倉市、東峰村、大分県の日田市を中心に被害がありましたが、全体で死者・行方不明者は41名と甚大な被害になっております。

国総研では、災害直後に専門家を派遣し、ヘリコプターの調査、あるいは地上からの調査による土砂災害危険箇所の緊急点検などを行いまして、地方整備局や県等に技術的助言をしたところでございます。

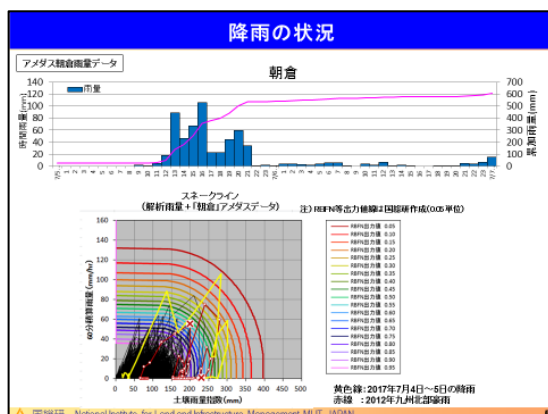
また、九州地方整備局と福岡県が復旧技術検討委員会を設置し、国総研からは河川研究部と土砂災害研究部の室長クラスが委員として参画し、河川、砂防一体となった復旧計画の検討を行ってまいりました。11月に最終報告が公表されたところでございます。



報道によりますと、最大で3,000名の方が一時避難されていたということですが、11月26日には全ての避難所が閉鎖されたということですが、なお、約1,300人が仮設住宅等で避難生活を余儀なくされているということで、一日も早い復旧が求められているところでございます。



ございます。



うことがわかりいただけると思います。

続いて、こちらは一番被害の大きかった赤谷川の空中写真です。ちょっと雲がかかって見えにくいのですが、同じように上流で崩壊と土砂流が集中的に発生し、本川に多量の土砂を堆積し、かつ筑後川の本川も土砂、流木が流出したという状況でございます。福岡県・大分県全体の被害は、死者・行方不明者が41名、また全壊家屋が303棟、半壊家屋1,098棟など、床上・床下浸水含めて3,000戸ほどの住宅が被害を受けております。

こちらは国土地理院が空中写真等を判読した崩壊地、あるいは氾濫したエリアを示しております。特に赤谷川流域で被害が大きかったということで、今、県からの要請を踏まえ、国直轄で砂防と河川事業一体となって復旧事業を進めているところでございます。

こちらのスケールが左下にあるわけですが、東西が約15キロ、南北で約7キロの非常に狭い範囲で集中豪雨があり、被害が発生したところでござ

これが雨量の状況でございます。朝倉のアメダスのデータで、連続雨量が600ミリを超えており、時間最大でも100ミリを超えているという状況でございます。

こちら、我々が土砂災害警戒情報を出すときの横軸が土壌雨量指数、縦軸が60分の積算雨量ですが、黄色のピークが今回の九州北部豪雨災害、赤線が平成24年の九州北部豪雨災害でございます。突出して今回の災害が大きな雨であったとい



私も9月1日、約2ヵ月後ですが、現地調査をしました。これは赤谷川の右支川の乙石川です。河床勾配が約12分の1という急なところで、河岸段丘上の家は被害を免れておりますが、もう少し川に近いところは、このように土石流の直撃を受けて、全壊状態になっておりますし、川岸については斜面崩壊を起こして、ここから土砂や流木が大量に発生しているという状況でございます。



こちらは、乙石川の最上流部にあります赤谷川流域では最大の崩壊地で、長さが約370メートル、横幅が100メートルから130メートルぐらい、勾配20度と緩い勾配であります、大量の土砂を生産し、直下にあった乙石集落については全壊家屋も複数見られる状況でございます。



また、これは左支川の小河内川というところでございます。崩壊としては表層崩壊に近い崩壊深1～2メートルの規模でございますが、スギ、ヒノキの人工林、特にここは日田杉と呼ばれるような日本でも有数の林業地ということで、大量の流木がここから発生しました。

崩壊深1～2メートルぐらいということですが、もちろん森林には表層崩壊防止機能があるわけですが、その機能を越えるような雨があつ

たのではないかと推定されるところでございます。



続きまして、これは赤谷川本川の下流、筑後川の合流点から約2.5キロの杷木星丸地区です。こちらは、粒径としては1ミリぐらいの砂が主体になっており、9月1日当時は直轄の権限代行事業として河床を掘削し、河道を確保し、またブロック等による護岸による復旧をしていたところでございます。

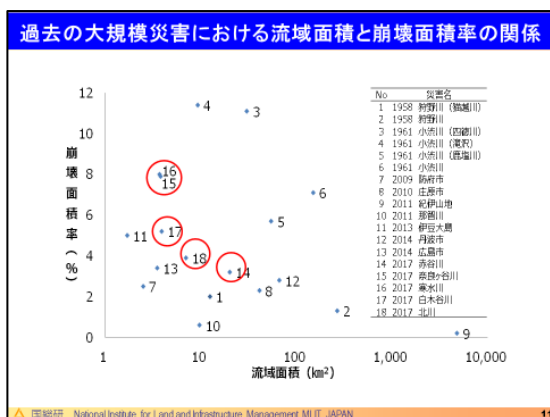


続きまして、崩壊の特徴について解析をした結果をお示しいたします。筑後川の右岸支川がこちらの西側の小石原川から東側の花月川まで10本ありまして、そちらの縦軸がそれぞれ河川ごとの崩壊面積率を示しております。最大のものが8%でございまして、奈良ヶ谷川と寒水川です。最初にみていただいた北川につきましては4%ぐらいです。先ほどの写真は、物すごく崩壊が集中して、何十%もあるのではないかと思います。

けれども、最大でも8%という状況でございます。

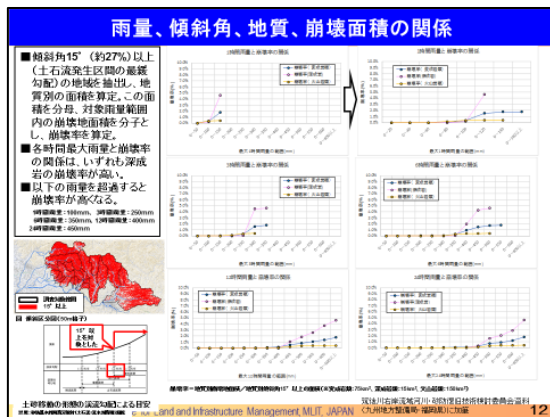
崩壊面積率の高いところは、河床勾配が急で、かつ流域面積も小さなところなんです。ただ、崩壊面積の絶対量と生産土砂量等につきましては、赤谷川が最も大きい状況となっております。

それから、筑後川の10支川の流域面積が合計で450平方キロぐらいございますが、崩壊面積が全体で約4平方キロということで、ならしますと1%の崩壊面積率になるということと、生産された土砂量としては計1,000万立米ということになっております。

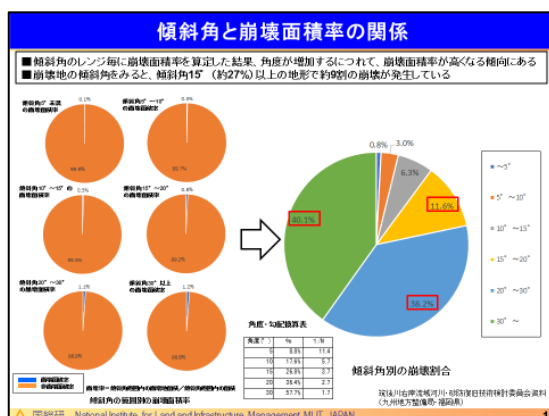


続きまして、これは過去に大規模な豪雨に伴って発生した崩壊面積率の図を示しております。一番古いもので1958年の狩野川台風のもの、それから1961年の天竜川流域の小渋川の流域、赤い丸をしたところが今回の九州北部豪雨でございます。その他2011年の紀伊半島大水害、2013年伊豆大島災害、2014年の広島災害等のデータをプロットしています。やはり今回の九州北部豪雨災害は崩壊面積率としてもかなり高い部類に入ります。

唯一上回っているのが、1961年の小渋川であったというもので、10%を超えるというのは極めて稀であるということがわかりいただけるかと思います。



も、雨がふえるにしたがって崩壊面積率もふえているという結果がわかりますし、一番崩壊面積率が高いのは、花崗岩等の深成岩であるということもわかってまいりました。ただ、崩壊が1時間から24時間の間のどのくらいの雨によって支配的であったのかというのは、これからさらに検討を進めてまいりたいと思っております。



雨が非常に大きかったということがこれからもわかるのではないかと考えております。

それから、次は流木の発生状況をお示ししております。全体では10支川の流木発生量21万立方メートルと推定されております。

これは崩壊面積率と雨量の関係を示しております。一番上は1時間雨量です。こちらが3時間雨量、6時間雨量、12時間雨量、24時間雨量でございます。1時間雨量が増していきますと、崩壊面積率がふえていっていると。一番大きい値が花崗岩等の深成岩でございまして、真ん中ぐらいが変成岩、片岩等の地質でございます。一番少ないのが火山岩類ということでございます。いずれの雨、3時間、6時間、12時間、24時間とって

次に、傾斜角と崩壊面積率の関係を示しております。まず、崩壊地全体としては、30 度以上で発生したものが 40%ということで大半を占めておりますが、20～30 度、あるいは 15～20 度につきましてもそれぞれ 38%、12%ということでかなりの割合を占めておりまして、我々砂防の分野では 30 度以上が急傾斜地ということで、崩壊が発生しやすいといっておりますが、ここでは 15 度ぐらいから相当の崩壊が発生しているということで、



また、こちらの円グラフで示していますのは、どこから発生したかということで、いわゆる山腹から発生したものが約6割、土石流の流下に伴って溪流沿いで発生したものが28%、河川沿いで発生したものが6%、やはり山腹崩壊によるものが大半を占めていたということがわかります。

また、林野庁がいろいろ流木について調査しておりますが、スギ、ヒノキの人工林については、特に根の深さが1～2メートルぐらいであり、崩壊深も1～2メートル程度が多かったということで、根の表層崩壊を防止する機能の限界を超えていたということではないかと思われます。また、スギ・ヒノキ人工林はいわゆる50～60年生の壮齢林といったものが大半を占めており、非常に大きな木が流下したことで、流木被害も大きくなったということが考察されているところでございます。



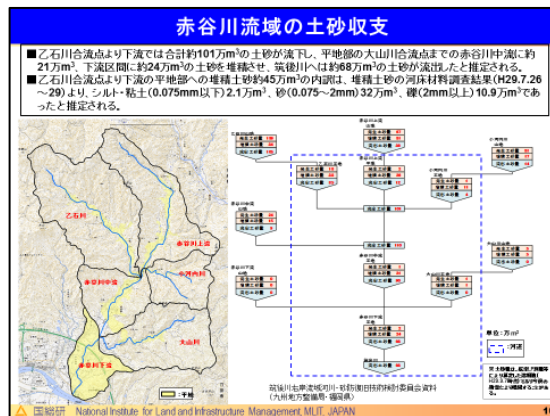
こちらは各流域の植生面積ということで、濃い茶色がいわゆるスギ・ヒノキ人工林を示しておりまして、黄色っぽいのがその他の広葉樹等でございます。一番流木が発生したところは、赤谷川流域ということになっております。全体の流木発生量が21万立米ですので、発生土砂量に対しては約2%ということで、流木も非常に大きく大量に発生したと思われていますが、土砂と比べますと2%ということでございます。

続きまして、土砂災害研究部でJAXAの衛星を使って崩壊地の判読をした結果等をご説明いたします。7月5日は、実は朝早く、島根県で大雨特別警報が発表されていまして、我々そちらの衛星画像の判読等をしておりました。7月5日の夕方に九州北部で大きな被害があったという報道もありまして、夜8時ごろ、本省砂防部からJAXAに緊急観測の要請をしたところでございます。

いろいろ調整をしまして、結果としては7月7日の12時52分にJAXAのALOS-2による観測をし、その後、データが届いて解析し、7月7日の夜に砂防部を通じて九州地方整備局にこの結果を届けたところでございます。

非常に大きな崩壊は少なかったもので、日田市小野地区の大きな地すべりを除いて、河道閉塞を伴うような崩壊は少なくとも見受けられないとコメントしています。細かい崩壊は衛星でなかなか判読できませんが、崩壊して土砂が流出したようなところはある程度判読できるということで、青印でこういったところは土砂崩壊した可能性が高いという情報を地整に提供し、ヘリ調査にも活用していただいたところです。

今後も、判読精度を高めるような研究をしてみたいと思っております。

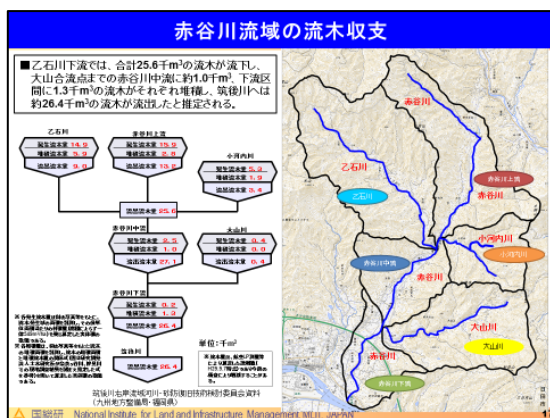


赤谷川流域は、先ほどいいましたように、直轄で河川及び砂防事業をしているところですが、この図は赤谷川の土砂収支を示しております。災害前後の航空レーザー測量データを使いまして、生産された土砂量、堆積した土砂量、下流に流出した土砂量を調べてございます。

発生土砂量としては、特に乙石川、この右支川から大量に発生したということがわかっております。全体の発生土砂量の約54%が乙石川流域

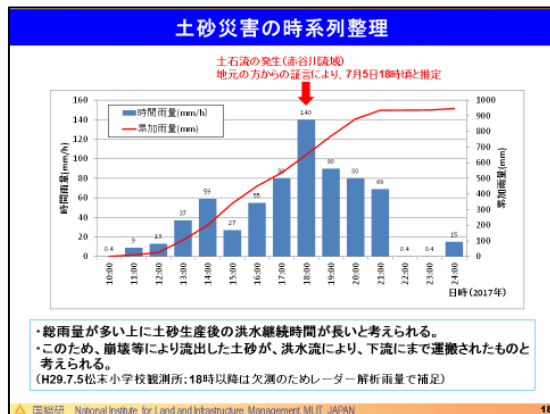
で発生したということです。また、堆積土砂量については、下流側ですが、赤谷川本川の中下流部で全体の堆積土砂量の53%が堆積しているという状況もわかってまいりました。

また、ここに堆積土砂の粒径を書いてありますが、主な支川で河床材料調査もし、粒径の分布も調べているところでございます。こういったデータを使って、復旧計画や河床変動計算等に生かしていくところでございます。



また、流木につきましても収支図をつくっております。空中写真を判読し、発生した流木については、崩壊面積に周辺の立木の幹材積量を掛けて、生産された流木量を出しております。また、河道等に堆積した流木については、現地で計測し、空隙率を鑑みて、堆積した流木量を算出しております。全体では3万9,000立米も流木が生産されておりまして、筑後川の本川にそのうち2.6万立米、大半のものが筑後川本川に流出したとい

う結果になっております。流木につきましても、土木研究所の土砂管理研究グループが詳細な研究を進めているところでございます。



すると、また、県でも追加的な対策もするということが12月1日に国土交通省から公表されているところでございます。



を対象に整備目標を策定しまして、また流出土砂量については、50年確率規模の流量でどのぐらい流し得るかといったものを推定し、また砂防事業としては、今後5年間で県や直轄あわせてどういったところに優先的に整備していくか。そういった効果も踏まえて、砂防域から河川域まで一体となった河床変動計算をするといったことでございます。

復旧計画を立案し、またいろいろな砂防施設についても透過型構造や不透過型構造を組み合わせ
て使っていくという基本方針を立案いたしております。

また、その後、復旧に進むに当たりまして、モニタリングを行って、実際の流出土砂量に対するレスポンスをみた順応的な対応も検討してまいりたいということでございます。

また、今回の災害のように数百年を超えるような雨に対しては、施設のハードでは防ぎ切れないというところがありますので、今回の避難の実態をさらに整理しまして、避難でありますとか、土地のかさ上げ等を含めて、いわゆる県や市の復興計画にどう生かしていくかという議論をしているところでございます。

復旧の基本方針を検討した復旧技術検討委員会は4回開催され、昨日、報告書が完了し公表されております。国総研の土砂災害研究部としては、今回の災害を踏まえまして、線状降水帯の形成予測や実況監視、あるいは極端な気象現象に伴う土砂の生産・流出等について、研究を進めてまいり

これは飛ばしまして、最後に復旧計画についてご説明しますと、まず砂防につきましては、今年度から直轄による砂防災害関連緊急事業を約 28 億円で実施しております。砂防堰堤を 2 ヲ所、また遊砂地を 1 ヲ所ということで、今年度は事業を進めているところでございます。

また、復旧委員会での議論を踏まえまして、来年度からは約5年間、特定緊急事業も直轄で対応するというので、約24カ所の砂防堰堤を整備

最後のスライドになりますが、これは河川事業、砂防事業、地域の対策が連携して復旧をどう進めていくかというものを示してございます。左上にありますように、今回の災害によって河床にまだ大量の土砂や流木がたまっているという状況の中で、一定規模の降雨があったときにどう対応するかということを今後5年ぐらいかけて整備していこうという考え方でございます。

まず、整備目標としては、50年確率程度の降雨

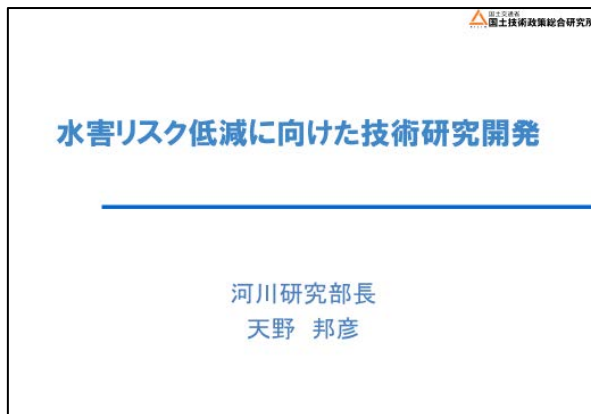
たいと思っております。

以上で私の説明を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。

——了——

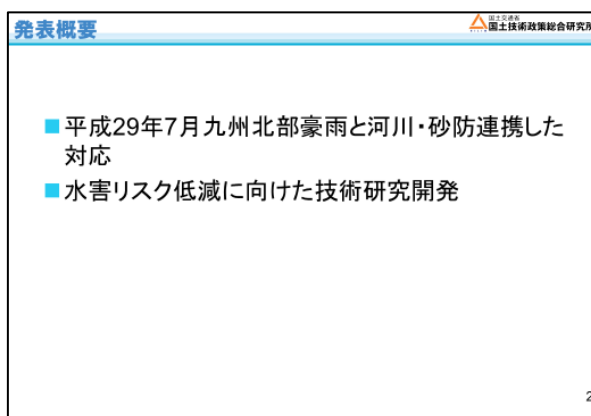
3.3 水害リスク低減に向けた技術研究開発

(河川研究部長 天野 邦彦)



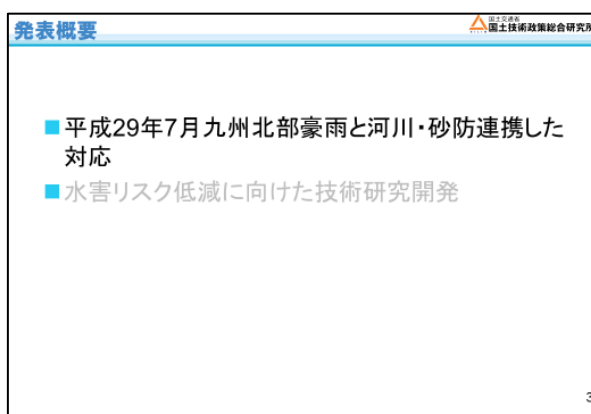
おはようございます。ただいま紹介いただきました河川研究部長の天野でございます。

本日は、こういった題名でお話をいたします。



まず、私のお話ですけれども、大きく2つのパートに分かれてございます。前半で先ほど岡本土砂災害研究部長がお話ししましたが、本年7月の九州北部豪雨につきまして、河川と砂防の連携した対応という話で、先ほどは岡本部長から砂防のお話をいたしましたわけですが、私からは河川の立場といたしますか、河川からみた部分をお話したいと思っております。後半で水害リスク低減に向

けた技術研究開発ということで、現在、国総研の河川研究部で進めていこうと考えている、あるいは進めている研究につきまして、1つの事例をご紹介したいと思っております。



まず、前半の九州北部豪雨のお話でございます。



東西方向に長く延びた線状降水帯によって、大量の降雨があった地帯でございます。特に赤いところを中心に、大体12時間で600ミリを超えるような大雨が降ったというところでございます。

先ほどの赤谷川がこちらでございまして、ちょうど赤谷川の流域は、最も雨が降ったところに当たるわけです。

さらに、佐田川というのがございまして、こちらにつきましても、ちょうど黒川というのがありますけれども、このあたりで最大の雨が降っておりますので、非常に大量の降雨があったという河川が広がっている流域がこの赤い部分でございまして、雨が非常に多かったということもございまして、特にこの川につきましては、土砂、あるいは流木による災害が非常に多かったというところでございます。

さらに、線状降水帯が東西に長く出ておりましたので、こちらの別の河川でも流木の影響、こちらでは浸水の影響が出ております。

花月川は、直轄事業が入っておりまして、平成 24 年の 5 年前になりますけれども、同様に豪雨で被害を受けておりまして、その際に激甚災害の指定を受けて、災害復旧事業がほぼ終わりつつあったというところに、また今回の雨を迎えたという場所でございます。こちらにつきましても、前回のものに比べますと軽微なものでございますが、やはり浸水被害が出ております。こういった川の状況でございました。



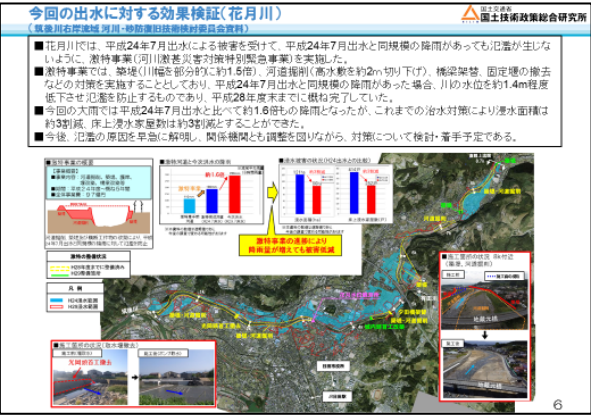
こちらは、先ほどお話にありましたけれども、最近、ようやく終わったところでございますが、九州で筑後川の右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会というのがございまして、その資料を拝借したものでございます。ちょうどここに筑後川が流れておりまして、筑後川の右岸側で集中的に被害が出た部分でございます。ちょうど線状降水帯がこのあたり、上が北の地図になっておりますけれども、

先ほど1つ前のところで佐田川と申しましたけれども、佐田川につきましても大量の雨が流域で降っているのですが、ここに水資源機構の管理しております寺内ダムというのがございまして、これが相当大的な防災効果を生み出しております。

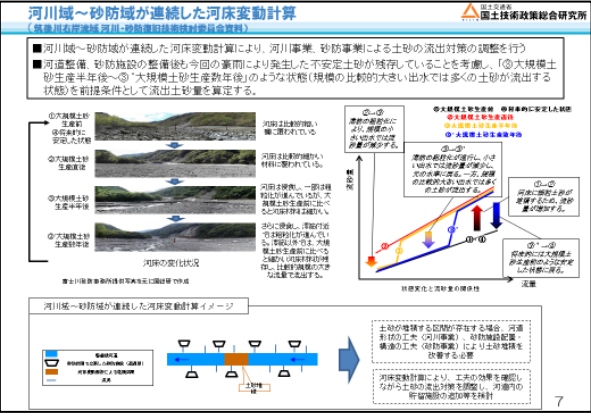
ちょうどこちらダムになりますけれども、洪水が起こる前に少し水が減っていたと。渴水ぎみだったということがありまして、水位

が低くなっていたということもあるのですけれども、それによってさらに防災効果が大きかったと

いえるのです。実際、既往最大 888 トン毎秒、およそ 1 秒当たり 900 トンの水が流入したわけなのですけれども、下流には 10 トンしか流さなかったということで、ほぼ全量カットということで、こちらに 1,170 万トンだったと思いますが、ダムに水を貯留いたしまして、下流の被害を非常に軽減したという効果がありました。さらに、土砂、流木ともにダムでとめておりますので、下流にとっては非常によかったというものでございます。



ておりまして、浸水も生じはしましたというところでございますが、前回のものに比べると随分被害の軽減に役立ったというところでございます。



というお話がありましたけれども、これが扇状地ないしは下流の平野にまで到達いたしております。そこで下流の河川の河道を埋塞して、水がよりあふれてしまうということで、地域の被害を大きくしてしまったというのがございます。

さらに申し上げますと、洪水の後、流送してきた土砂が河道を埋塞しただけでなくて、河道の周辺にも土砂が溢れて、たくさんたまっているというところでございます。

そういった状況で、河川と砂防の今後の復旧をしていくことになるわけなのですけれども、土砂が結局、河道の中にも相当残っているというのがございます。普段ですとそんなに気にしなくてもいいような、ちょっとした出水で土砂がたくさん出てくるということがあります。それについて、当分はたまった土砂分に対して、どのような対応をするのかというのを砂防と河川とで十分連携を

この3つ目が花月川でございます。花月川は、先ほど申し上げましたが、5年前に大きな災害がありまして、その後の改修はほぼ終わっていたというのもありまして、今回は24年に比べまして雨の量では1.6倍程度のものであったわけなのですが、実際の浸水面積は3割減でした。当然、同じ規模のものであれば、ほぼ被害はなかったと思いますけれども、1.6倍ですから、相当大的な雨が降っ

今回、河川と砂防の連携という話がありましたけれども、特にどういう文脈で連携したのかというところでございます。今回の水害の特徴といたしましては、土砂、流木の量が非常に多かったというのがございます。特に土砂につきましては、通常、砂防が対策をしているという非常に急勾配の河川を通り越して、土砂の量が非常に多かったということもございまして、先ほど岡本部長からも砂防と

として、今、復旧に当たっているということでございます。

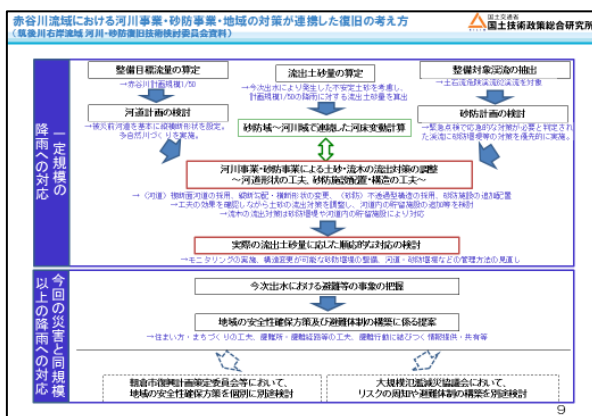
それにつきまして、先ほど岡本部長からも話がありましたけれども、河川、砂防一環の流砂の計算、すなわち河床変動計算というのをしております、その結果、これはポンチ絵的な絵になっておりますが、ちょうどここで土砂がたくさんたまっている状態なのが、だんだんたまっている土砂が削られて出てきますねと。そういうプロセスを検討いたしまして、それに対してどのぐらいの雨が降るかによって当分の間がどれぐらいになるかというのはありますけれども、余計に出てくる土砂を何とか砂防と河川で連携して、被害が出ないようにしようということを考えています。

その中で、砂防施設ができた後に、ある程度通常以上に土砂が出てくるというものに対して、河道の余裕のあるところで少し土砂をわざとため込むような場所をつくったり、同時に流木が出てきた場合に、河道の中でも下流に一気に流れることなく、安全にある一定の間だけためおくという場所をつくるということも考えているところでございます。



さらに、もう1つが、先ほど岡本部長からも話がありましたけれども、再度今回のような洪水が起こった場合、現在の施設だけでは、あるいは復旧した施設だけではなかなか被害をゼロにはできないということがあります。それに対して、やはり人的被害、社会的な被害を最小化するというで、今回の特に氾濫の状況を現在、国総研でも再現するというのをやっておりまして、それに基づいてと

いうわけではございませんが、そういった知見も現地に提供いたしまして、それを利用させていただいて、より安全な住み方をするというで、現在、計画自体はまだ決定されていませんが、より安全なところに住まいを移す、あるいはここにたくさんたまった土砂を排除しなければいけないので、掘削した土砂でこういった地上げをすとか、地域として安全な地域をつくるということにつきましても、一緒に考えていくということでやっているというところでございます。



これは、先ほど岡本部長からお話がありましたので、割愛させていただきます。

以上、河川、砂防の連携した九州北部豪雨に対する対応というお話をいたしました。

発表概要

- 平成29年7月九州北部豪雨と河川・砂防連携した対応
- 水害リスク低減に向けた技術研究開発

10

ここからは後半になりますけれども、現在、国総研の河川研究部で実施している、あるいはこれから実施する予定の水害リスクの低減に向けた技術研究開発につきましてお話をしたいと思います。

近年の水害状況

- 東日本大震災における津波被害(2011年)
- 紀伊半島豪雨災害(2011年)
- 九州北部豪雨災害(2012、2017年)
- 京都府南部豪雨災害(2012年)
- 福井・滋賀・京都における豪雨災害(2013年)
- 広島豪雨災害(2014年)
- 関東東北豪雨災害(2015年)
- 北海道・東北豪雨災害(2016年)

11

近年、特に報道等でもよくみられるわけですが、こういった東日本大震災の津波の被害、川の被害とは違いますが、やはり水害でございまして、こういったものをみますと、どうしても防災の施設は、もちろんどんどん整備を進める必要はあるわけですが、防災施設だけでは防ぎ切れない水害は起こり得ると。その場合には、非常に被害が大きくなるということを目の当たりにしたとい

うところがございます。

その後も紀伊半島の豪雨ですとか、九州北部につきましては、先ほど申し上げましたが、5年前、それからことし、京都、近畿地方でも12年、13年、広島でも土砂災害の大きなものがございましたし、鬼怒川が破堤いたしましたのが2年前です。さらに、1年前には北海道、東北の豪雨災害が記憶に新しいところがございます。

近年の水害状況が示唆すること

- 施設による防災対策(構造的対策)のみでは防ぎきれない大規模水害の発生
- 広域避難を含めた危機管理の重要性
- 時間的余裕をもった洪水予測や避難情報発令の重要性
- 気候変動の評価、超過洪水への適応の必要性
- 粘り強いインフラ、地域、復旧の重要性
- 土砂・流木への対応の重要性

12

こういった水害の頻発を受けて、こういったことが考えられるかということで、少しまとめたものがこういうものでございます。やはり大きな水害になってきますと、施設で水害被害をゼロにする、完全に防災で被害をゼロにするというのは非常に困難であるというところがあります。これにつきましては、まずはやはり防災といいますか、被害を出さないというのが一番の優先事項でございますの

で、これまで我々それに注力してきたというところがございます。

ただし、相当程度のレベルまで防災施設が整ったとはいえ、実際、自然で起こる外力というのは

計画の中にとどまってくれないというところがございますので、今までももちろん真剣に考えているわけですが、そういったものについても被害の軽減ということをより真剣に、有効な手立てを考えていかなければならないということでございます。

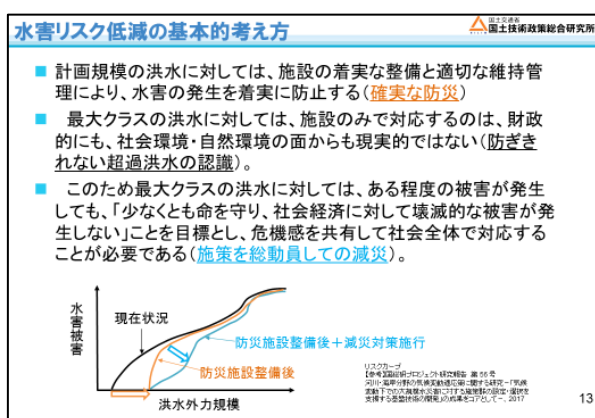
そういう文脈で、要は想定する計画を超える水害に対して、被害を軽減していくということで進めている研究についてこれからお話ししたいと思っております。

1つは、避難を含めた危機管理の重要性でございます。特に人的被害につきましては、雨が降って、例えば町が浸水されてしまったということがあっても、事前に避難をしておけば、人的な被害というのはある程度防げるということがございますので、こういった危機管理は非常に重要だということが1ついえます。

そのためには、まず時間的な余裕をもった洪水予測、それから避難情報の発令が重要だということで、きょう1つ事例としてお話しいたしますのは、洪水予測を高度化しようということで、研究を進めておりますので、その事例を少しお話ししたいと思っております。

さらには、昨年の北海道、東北の豪雨をみておりますと、科学的に気候変動の影響とまで言い切れるとはいえませんが、やはり最近の大きな雨が降っているというのは、気候変動の影響ではないかというお話もあります。特にこういったものが進んでいった場合に、計画を超過する洪水がふえてくると。

そうすると、全体として危機管理、避難、いろいろなものが入りますけれども、こういったものに適用していかなければいけない。そのためには、インフラも粘り強く、地域も粘り強く、それから復旧も重要です。さらには、水だけではなくて、土砂、流木にも対応していかなければいけないということでございます。



我々、現在考えております水害リスクの軽減のための基本的な考え方になりますが、まず申し上げましたけれども、計画規模の水害、洪水に対しましては、施設の着実な整備、それから適切な維持管理によって、水害の発生自体を着実に防止すると。これが一番重要なものでございます。

ただし、それだけでは防ぎ切れないというものに対しましては、ここに書いてござい

ますが、少なくとも命を守ろうと。それから、社会経済に対して壊滅的な打撃が発生しないということを目指して、危機感を共有しまして、社会全体で施策を総動員しての減災だということでございます。着実な防災と施設を総動員しての減災という2本立てで考えていこうと考えております。

ここに概念図と描いております図でございますが、横軸に洪水の外力の規模、例えば雨の量、あるいは流量でもいいのですけれども、とります。縦軸に水害の被害をとった場合に、例えば現在の状況がこうだと。ある程度の雨までであれば、水害被害は起こりませんのでゼロです。ところが、

ある程度まで来ますと、少しずつ被害が増大しますと。どんどんふえていきますということでございます。

これをまず着実な防災、堤防をしっかりとつくる、それからダムをつくるという防災をどんどん進めていく。防災施設を整備していくことによって、この関係、我々リスクカーブと申してございませうけれども、この被害が出ない部分というのがどんどん大きくなっていきます。すなわち、多少の雨は降っても、今までだったら被害が出たのが被害が出なくなる。非常に結構なことなのです。ここまで行きます。

ただし、それでも人間がつくったものですから限界がございまして、災害の被害が出てきまうと。ある程度大きくなってくると、お手上げ状態ということも起こり得るということで、これはもちろん概念図でございまして、実際こうなるというわけではありませんが、こういったことが考えられます。

ただし、例えば多少水があふれたとしても、適切に水防活動をする、あるいは避難をすることによって、社会が受ける被害自体を下げていくことはできるだろうと。我々、これを減災と申しておりますが、適応といってもいいと思いますけれども、施策を総動員しての減災をすることによって、防災と減災を相まった形で、水害に対して非常に強い社会にしていきたいと考えているところでございます。

今回は、こちらの減災と書いているものについてお話ししたいと思います。リスクカーブ、あるいはリスク低減の基本的な考え方につきましては、国総研プロジェクトの研究報告というものの第56号が本年度発刊しておりまして、国総研のホームページでダウンロードしてごらんになっていただけますので、ぜひご興味のある方は後ほどごらんになっていただければ幸いです。

計画を超える洪水による水害リスクも低減するために実施中の研究

【災害に対して粘り強い地域や河川構造物の構築】

- 自然地形等をいかした減災、破壊しにくい河川構造物の構築に向けた研究を実施し、災害に対して粘り強い地域づくりを進める。

【洪水氾濫・浸水予測（予測と見える化）】

- 避難に必要な時間（リードタイム）を十分確保して、的確な避難判断を行えるよう、なるべく長時間先の洪水氾濫や浸水の予測を精度高く行うための技術開発を行い、地方整備局など行政機関において実運用が可能となるようにする。

【ダムの機能向上】

- 既往ダム施設の有効活用を行うため、降雨予測とダム流入量予測に基づき、事前放流などの確なダムの弾力的運用が可能となるようにする。

【水防活動の向上】

- 避難計画や水防計画を評価するモデルを開発し、避難を含む水防活動が効果的・効率的に実施されるようにする。

14

国総研で実際今やっているもの、これだけではないのですけれども、4つほど出しております。

まず、1つは災害に対して粘り強い地域、河川構造物の構築をしようということで、これは例えば堤防から水があふれてしまっても、あふれた水が一気に地域、人が住んでいるところに洪水流が突進してしまうということを防ぐ。ありていにいうと、賢く壊れると

いうか、粘り強い構造物をどうつくればいいのか、どう設計すればいいのかということを研究してございます。

また、これはこの後少し詳しくご説明しますが、洪水の予測の計算の高度化をしております。これによって、適切に避難の指示ができるようになる。市町村に対して助言ができるようになる。あるいは、水防活動している方にとって、効率的な水防ができるようになると考えております。

また、ダムの機能向上も考えてございまして、先ほど寺内ダムの事例がございましたが、今回の

寺内ダムの運用といいますのは、通常の満水位よりも水位が下回っていたというのもあって、洪水調節をする容量が計画よりも大きくあったということで、非常に大きな効果が出たというのがございます。

現在、降雨予測のアンサンブル予測というのをやっておりまして、幾つかの統計的に幅をもった降雨予測をいたしまして、今後、これから降る雨がどれぐらい来るのだろうかというのを確率的に予測しまして、どうも大きな雨が来るぞということになれば、国土交通省のダムは多目的ダムがいろいろございますので、利水のための貯留している水を事前に放流してもらおう。それによって、洪水を飲み込める容量を大きくするというのを現在検討しております。

さらに、水防活動の向上ということで、水防活動は今どういことをされているかということについて分析いたしまして、より効果的な水防活動をどのようにすればいいのかということについて、研究を進めているというところでございます。

水害リスク低減に向けた技術研究開発例

■ 水害リスク低減に向けた技術研究開発例として、
洪水危険度の見える化について紹介する。

15

ここからは、先ほど申し上げました洪水の見える化、洪水予測についてのお話をいたします。

洪水時の河川の状態を的確に把握する

河川の状態を把握する手段
【現在】水位観測地点の観測水位
(点情報) ⇒ 上下流連続的な河川水位
(線情報)

河川の状態情報を「点情報」から「線情報」へ展開
上下流連続的な河川水位の情報により、河川の状態を的確に把握

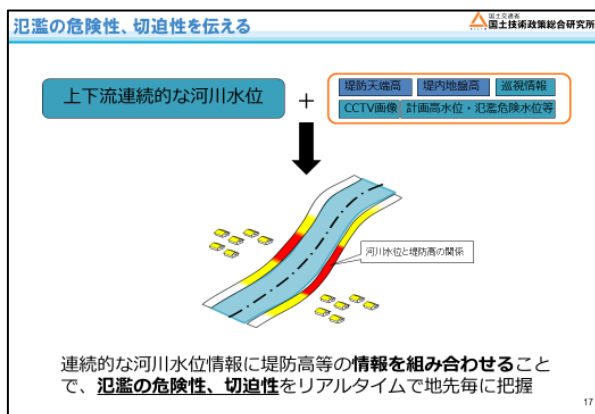
16

現在、川の防災情報、インターネットでも公開されておりますが、ごらんになっていただきますと、例えばレーダーの降雨の状況ですとか、あるいは河川の水位計のように水位がどのように変化しているかということについての記録が公表されております。これを見ることによって、この川で相当水がふえているのだということがわかってくるわけなのですけれども、ただ、測っている地点の水位し

かわからないという状況でございます。

これに対して、今回やっておりますものがレーダーの降雨量、それから降雨の予測量、流出解析、川の中の水位解析をいたしまして、流量、水位の変化を縦断的に計算する。あと、水位計の読みでもって、計算値を同化というっておりますが、計算を時々刻々合わせながら予測をするということによって、現在の縦断的な河川の水位がどうなっているか、あるいは今後どうなっていくかというこ

とを適切に評価しようということをやっております。こういう技術をつくってございます。



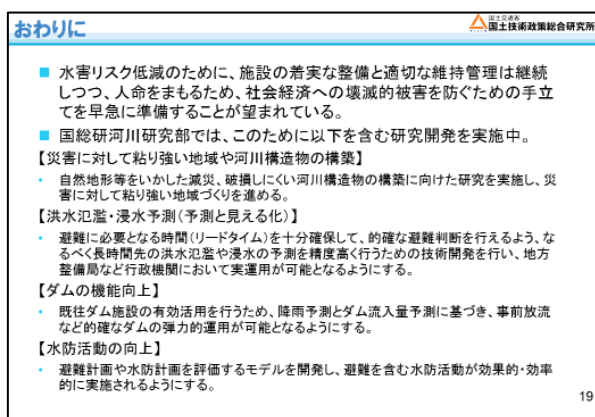
これは、同じようなポンチ絵でございますが、例えばここには水位計はなかったとしても、こういった縦断的な情報が手に入ることによって、この地点の水位が堤防を越えそうだ、あるいは危険水位に達しそうだということについて、今の状況も当然のことながら、事前に警告を出せるということを考えております。



今、試作版をつくっております。現在、こういった形でテストをしております。例えば川が流れておりまして、0時現在では少し水位が上がってきたという状況があると。これが1時間後には赤いようになっておりますので、今現在は堤防の高さに対してどれぐらい下回っているかというので、1メートルぐらい、かなり来ていますねと。

この次の2時になったら、ちょうど黒いところでは堤防高を超えてしまうということが、現在であれば2時間先がこのような形で予測されますし、実際2時間後にどうなったかというのは、その時間になれば、それも出せるというものをつくっております。

こういった時間経過に伴って、氾濫がどのように切迫しているか把握するためのシステムを今つくっております。



これで終わりになります。水害リスクの低減のため、先ほど申し上げましたが、施設の着実な整備、適切な維持管理を継続しつつ、人命を守るために、それから社会経済の壊滅的被害を防ぐ手立てを進めていきたいということで、先ほどと同じことになりますけれども、こういった研究を実施しているところでございます。

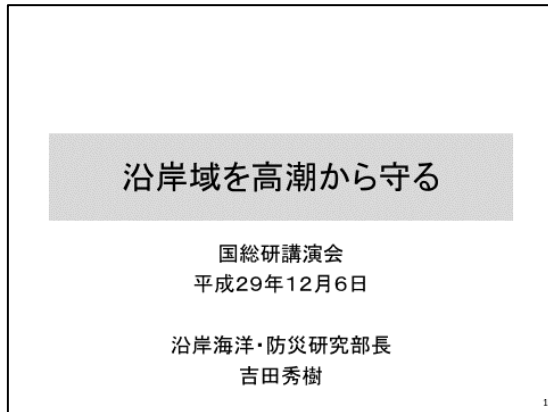
以上でございます。どうもご清聴ありがと

うございました。

——了——

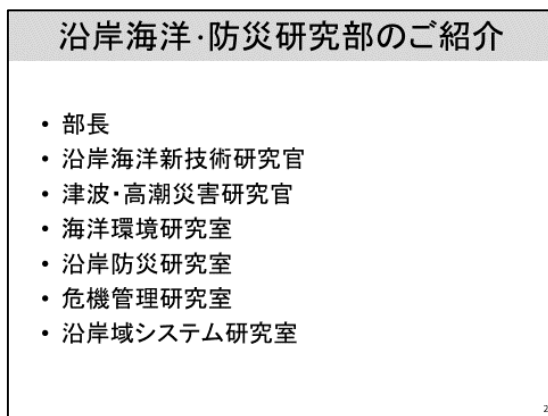
3.4 沿岸域を高潮から守る

(沿岸海洋・防災研究部長 吉田 秀樹)



どうも皆さん、こんにちは。沿岸海洋・防災研究部長・吉田でございます。

本日は、沿岸域を高潮から守るということでお話をさせていただきます。



まず、沿岸海洋・防災研究部といいましても、何をやっているかというのはわからないところもあるかと思ひまして、若干ですが、部の紹介をさせていただければと思います。研究室が4つございます。まず1つ目が海洋環境研究室。干潟とか藻場、それから海洋の環境について研究する研究室。それから、沿岸防災研究室につきましては、津波とか高潮といった海岸の防災に関する研究を行うところ。3つ目の研究室が危機管理研究

室。これにつきましては、港は外国と貿易をするところでございますので、港でテロとかが来る。さらには、津波とか災害に遭ったときに、経済活動をどうやって維持するかといったことを研究する危機管理研究室。最後、4つ目として、沿岸域システム研究室。よくわかったようなわからないような感じですけども、海域のゴミをいかに把握、予測して回収するかとか、もう1つは、港というと、いろいろな人の活動があるということで、みなとまちの研究を行う研究室です。当研究部の名前も長いですが、やっている内容も非常に多種多様にわたってます。

ということで、今回、当然のことながら防災ということで、高潮防災についてお話をさせていただきます。

本日の内容

- 環境への取り組み
- 沿岸域を高潮から守る
 - なぜ高潮の研究が必要か？
 - 高潮への取り組み体系
 - 潮位観測・解析
 - 高潮災害に対する港湾地帯の安全性確保に関する研究
 - 堤外地における高潮リスク低減

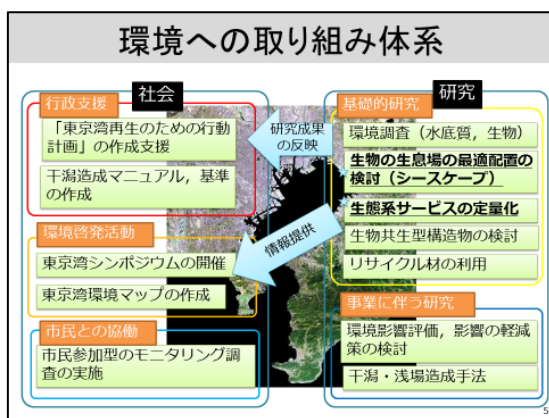
3

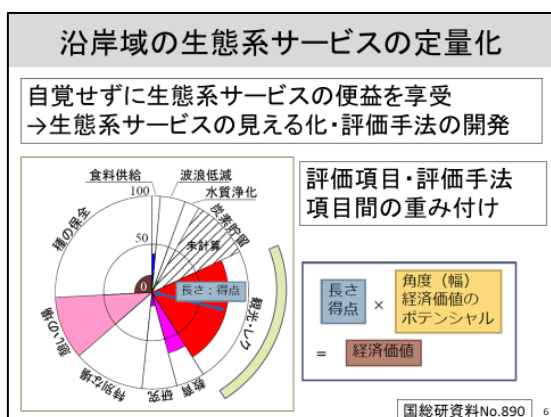
この5項目というのは、「なぜ高潮の研究が必要か？」それから、「高潮への取り組み体系」、この体系の中で3つの研究をやっているわけですが、1つ目が「潮位観測解析」、それから、昨年から3年かけて重点的にやっている「高潮災害に対する港湾地帯の安全性確保に関する研究」、最後、政策的な研究といたしまして、「堤外地における高潮リスクの低減」といった形で、高潮から守るということでお話をさせていただきます。

環境への取り組み

- 環境への取り組み体系
- 沿岸域の生態系サービスの定量化
- 沿岸域におけるシースケープデザイン

4





沿岸域生態系サービスの定量化とは一体何なのかということですが、我々は港とか海に行っても、自覚せずに生態系サービスを受けています。しかし、それがどのぐらいのものなのかといったことがよくわからないことがあるので、そのサービスを見える化して、評価手法を開発しようというものです。

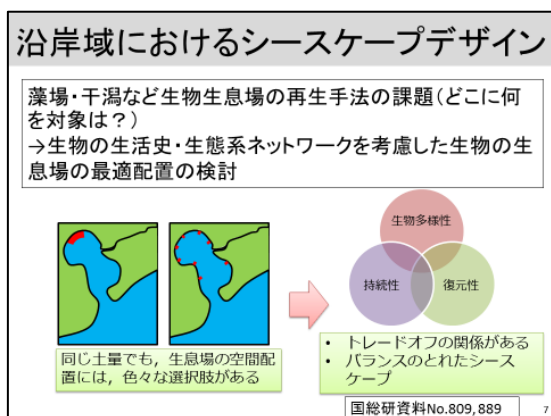
具体的な内容ですが、まずこういった評価項目があるのかというのを洗い出すこと。それから、

2つ目として、それについてどのように評価すればいいのかということ。それから、幾つかの評価項目があったときに、その間をどのような割合で考えればいいのか、重みづけをどうすればいいのかといったことを研究しています。

具体的には、評価項目について評価手法ということで得点を出すこと。例えば観・レクに対して何点あるかといったものが評価手法の研究。重みづけといったところには、例えばいろいろな項目がありますけれども、この項目に角度をどのぐらいとればいいのかということを重みづけで行っていくということです。

この重みづけに対しては、金額でできるものがあれば、できないものもあります。それで、重みづけに対して、研究の中では、比較順位法という形でアンケートをとりながら、東京湾について今、試行的に行っています。

後ほどパワーポイントの右下に国総研資料何番ということがみえるかと思いますが、基本的に詳しい研究の報告がこの資料に書かれています。もしご興味があればみていただければと思います。



シースケープデザインということでございます。これは、干潟をつくるとして、どのように最適に配置すればいいのかということを研究することです。例えば東京湾の中に干潟をつくるにしても、1個だけつくればいいのか、どれぐらいの大きさをつくればいいのか、1個ではなくていろいろな大きさの違うものやっていくのがいいのか、1個当たりの大きさもどのぐらいにすればいいのかということを研究しています。

これは、大きく分けても多様な生物がいますが、その生物が生まれてから死ぬまで、それから世代を残していくことを研究するというのが1つ。それから、実際、そのような生物にとって干潟の数や大きさがどのぐらい必要なのかという形のモデルをつくって計算するシミュレーションを行っています。

そのときに一番重要になるのは、その場所で生物の多様性があるのかというのが1つ。それか

ら、そういった生物が何世代にもわたって減らずに、持続的に世代を重ねていくことができるのか。もう1つ、青潮とかがあったときに、アサリが全部死んでしまう、またそこからアサリが再生する、復元するのかとか、そのような3つの観点でシミュレーションし、研究しているところでございます。

以上が、当研究部で重点的に行っている環境に対する施策です。

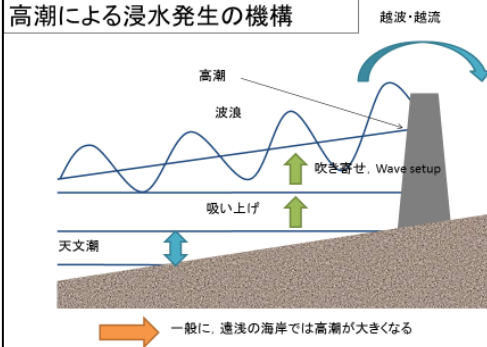
沿岸域を高潮から守る

1. なぜ高潮の研究が必要か？
2. 高潮への取り組み体系
3. 潮位観測・解析
4. 高潮災害に対する港湾地帯の安全性確保に関する研究
5. 堤外地における高潮リスク低減

それでは、本題でございます沿岸域を高潮から守るということで、先ほどご紹介いたしました5項目について、なぜ必要かということ、それから取り組み体系、実際行っている基礎的な分析、技術的な研究、政策的な研究をご紹介したいと思います。

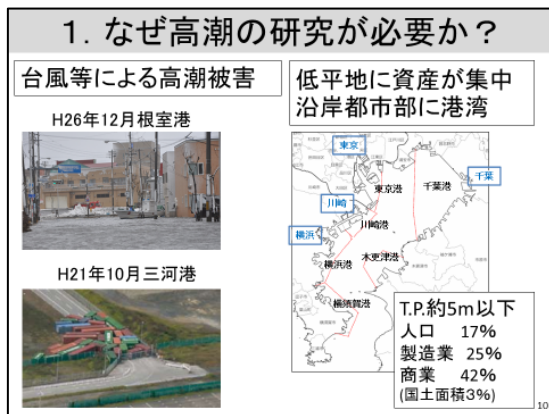
1. なぜ高潮の研究が必要か？

高潮による浸水発生の機構



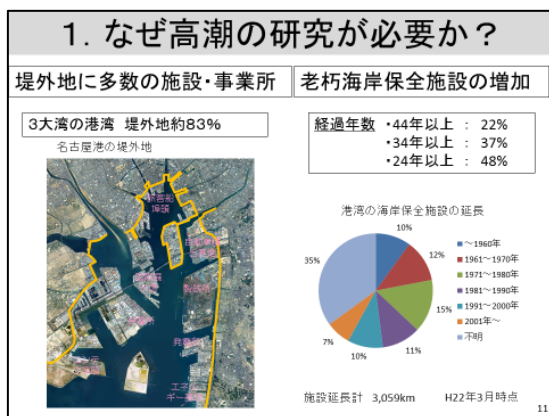
なぜ高潮の研究が必要なのかということで、高潮による浸水発生の機構ということで説明します。皆様ご承知かと思いますが、干潮、満潮があるということで、通常、天文潮です。そこに台風が来ると、低気圧なので気圧が低くなって、吸い上げにより海水面が上がる。それに台風が動いてくる。台風が動いてくれば、台風による風と動く速度によって吹き寄せが起きる。さらに風により波が起きます。

我々、通常、高潮偏差と呼んでいるものにつきましては、吸い上げと吹き寄せの部分を高潮偏差と呼んでおります。よく高潮の潮位、高潮の高さといった場合には、これに天文潮を足しあわせたもので、高潮の高さという形で表しています。通常、防潮壁で越波越流が防げればいいのですけれども、防潮壁を越波越流が起きると浸水が起きてくることになります。

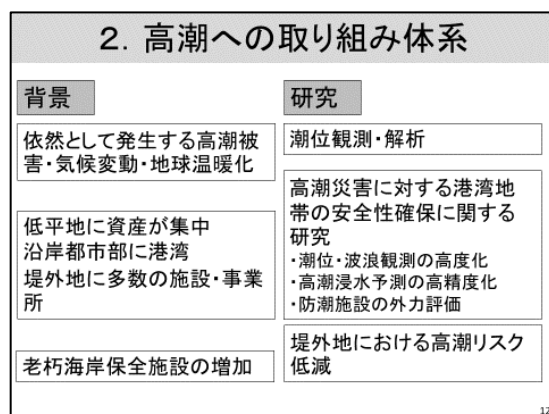


沿岸都市部に港が多いということです。例えば標高5m以下で考えてみますと、面積は3%なのですが、人口は5倍、商業については10倍以上が低平地に集中しているということです。

一方、このような低平地の前面にあるの、東京湾の場合ですとほとんどは港に囲まれているというところがございます。港は非常に経済の集中しているところがございます。



それから、このような海岸保全施設については、老朽化というものが結構進んでいるといいます。例えば 25 年以上進んでいるものは半分近くあります。このような施設に対して設計条件以上の高潮が来たときにどうなるかといったところが非常に心配になってきています。



では、どうして高潮の研究が必要なのかということです。最近、気候変動とか台風の発達などで高潮被害があります。今年だと、10月23日に台風21号により相模湾沿いで潮が高いときに高波で非常に被害が出ています。3年前には爆弾低気圧ということで、北海道でも高潮、高波がありました。そして、中部地方の港でも高潮により、コンテナが流されるということもあります。

それから、もう1つ、低平地に資産が集中して、

そして、実際、港をみるとどうなのか。名古屋港をみると、黄色い線の海側の堤外地に多数の産業があります。黄色い線が海洋保全施設です。背後に都市がありますが、その海側が堤外地というわけです。ここに非常に産業集積が多いということです。例えば東京湾、大阪湾、伊勢湾を考えると、83%は堤外地に集積しています。港の場合は、当然、背後のところの守りも重要ですが、堤外地についての検討も必要になってきます。

それに対してどのような取り組みになっているか。先ほどの台風が大きくなる、それから港とか沿岸部には経済が集中している、さらに施設の老朽化といったものに対してどのようなことに取り組むか。

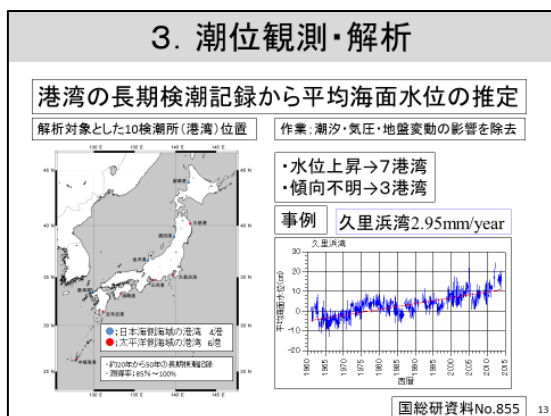
まず現状、潮位がどうなっているのか分析するというのが1つ。

次に経済の集中に対してどのように安全性を確保するかということで、昨年から集中的に港湾

災害に対する港湾地帯の安全性確保に対する研究を行っています。

ここについては、いかに効率的に多くの観測を行うかということ。それから、いかに精度よく浸水予測を行うか。それから、設計条件以上の高潮が来たときに、どのぐらい耐力があり、それに対してどのぐらい力が働いているのかを評価することを研究しています。

堤外地の高潮リスクの低減するソフト的対応の研究。以上、大きくこの3つについて、今、研究を行っています。



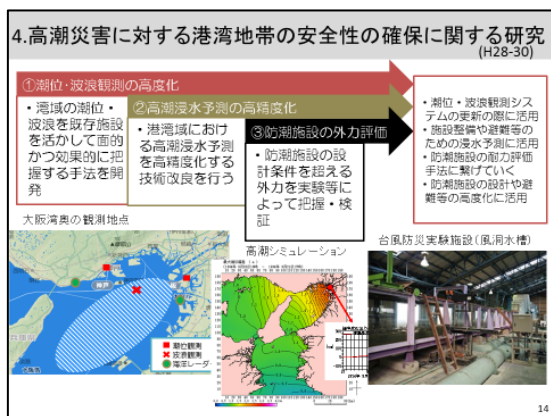
まず、1つ目でございますが、潮位観測、データを集めて、海水面の状況がどうなのかということ进行分析しています。港湾では、全国の港で潮位を観測していますが、その中で日本海側4カ所、太平洋側6カ所について、20～50年の潮位について分析しています。

潮位といっても、いろいろなものに影響されます。干満の差、それから気圧、地盤の沈下や隆起といったものの影響を除去したうえで分析して

います。

結果から申しますと、海水面が上昇しているのが7箇所、傾向がわからないというのが3箇所ありました。

図は、当研究所がある横須賀の久里浜での解析結果です。図を見ると、水面が上がってきているということがわかります。年3mm弱上がってきているということがわかります。



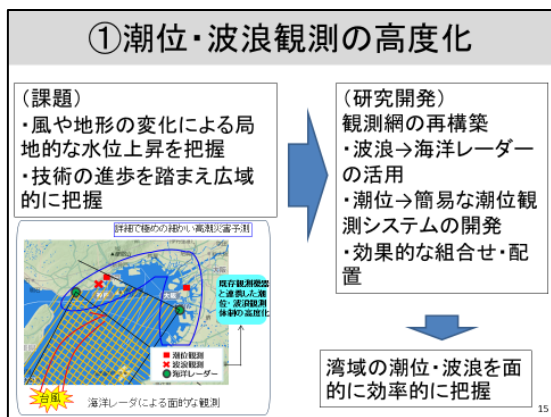
それから、次にどうやって港湾地帯の安全性確保するかということで、これについては大きく3本柱で研究しています。

まず1つ目が、潮位観測網を高度化すること。ここでのキーワードは、面的に、それから効果的に観測するということ。

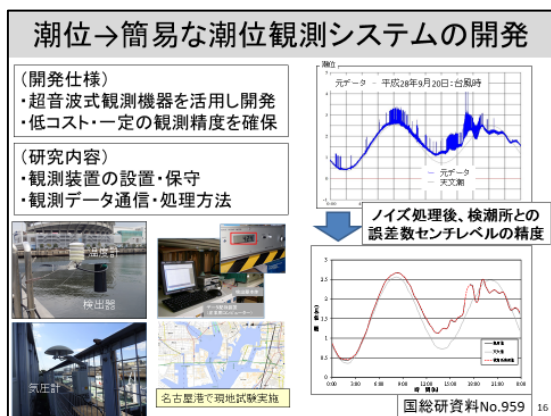
それから、2番目といたしまして、高潮浸水予測の高精度化。港というのは非常に地形が複雑になっているので、高潮予測を精度よく行うとい

うこと。

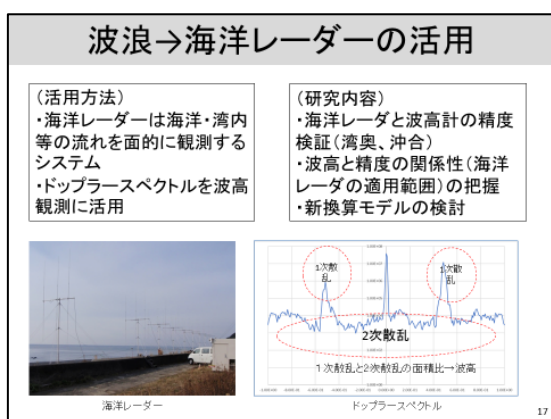
それから、3つ目、先ほども申しましたが、設計条件以上のものが来たときに防潮壁にどのような耐力があるか、耐力を把握するにも、防潮壁に対してどのような力がかかるのかというのを調べる必要があるということで、この3つについて研究しています。



く、海洋レーダーの値から波浪・波高が観測できないかということ。さらに、湾の沿岸の港でもっと多数の潮位を観測するための簡易なシステムができないか研究しています。



ていくか、そしてデータをリアルタイムにいかにして伝えていくのが重要なと思っています。



ことで、今、湾奥について調べています。まだ誤差があるので、これをどう解決しようかという段階です。

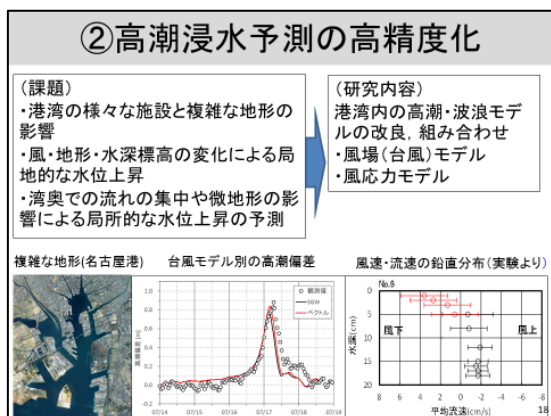
まず、潮位・波浪観測の高度化については、例えば、図の大阪湾だと、潮位は2カ所、波浪は1カ所で観測しているだけです。これらのデータだけで、港の複雑な地形の状況をうまく守ることができるのかということが非常に問題になってきます。なるべく密に観測することが必要です。

一方、大阪湾では図の格子状の点で形で海洋レーダーで流れを観測しています。今ここについて、海洋レーダーで観測している流れだけでなく、

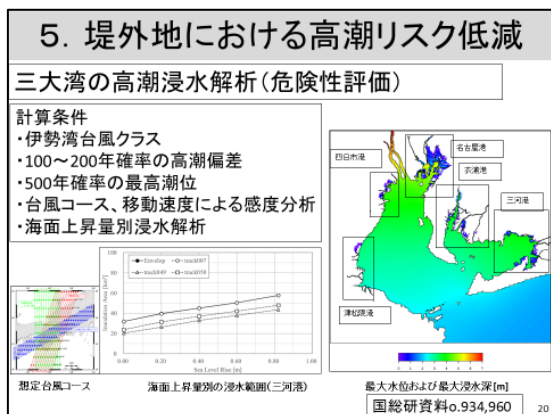
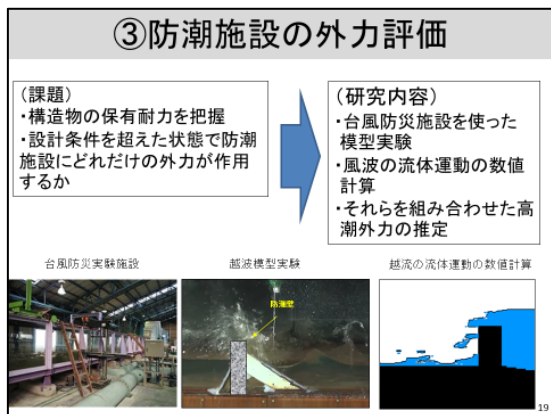
具体的には、潮位観測システムにつきましては、名古屋港の中で簡単な超音波式で潮位をはかっています。実際観測すると図右上のようないろいろなノイズが出てきますが、そのノイズを除去すると、図右下のような形で実際の検潮所の潮位とほぼ同じような潮位になるところまで精度が出ています。

これについては、ある程度このような成果が出てきているので、今後どのように処理を自動化し

次に、海洋レーダーですが、実は想像するようなレーダーではなくて、テレビのアンテナのレーダーをもっと大きくしたような、縦に20mぐらいあるような設備から電波を発して調べます。レーダーに返ってくるドップラースペクトルは図右下の形、1次散乱と2次散乱というものが出てきます。ここから実は波高が計算できるということで、その精度を検証しています。一般的に沖合では精度はよいですが、湾奥ではどうなのかという



るといいます。



価を行っています。

それから、高潮予測。入り組んだところに対してどのような浸水予測をするかということです。場所によっては高くなるということがあります。この点につきましては、高潮モデルの改良ということで、大きく2点、高潮が基本的に台風の風によって起きます。風から水面のほうに力が伝わるということで、まず風の起きるモデル(風場モデル)の高度化、一方、風から流れに対してどのように伝わるか(風応力モデル)の研究を行っている

そして、防潮施設の外力評価。防潮施設の前面、背面に越波があったときにどのような外力があるのか、国総研横須賀あります実験施設(実はこれは風から波を起こす実験水槽ということで珍しい施設ですが)の中で実験をしています。

それと、これだとなかなか数多くの実験ができないので、風波の流体運動モデルといった数値計算モデル等を駆使して、外力がどれだけ作用しているか研究を始めています。

最後、それをどうやって生かしていくか。高潮リスク低減ということで、三大湾の高潮浸水解析を行い、三大湾でどのような高潮があるかといったものを計算しています。伊勢湾台風クラスで、高潮偏差については100～200年。最高潮位については500年。そのような条件で感度分析をいろいろ行っています。コースを変えて、速度を変えて、なおかつ海水面も温暖化で10cm、20cm上がったときにどうなのかといった形で計算して、評

5.堤外地における高潮リスク低減				
港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドライン (中間とりまとめ) H29.10.5国土交通省港湾局公表				
基本的考え方 ・最大規模の高潮＋堤外地のみが被災する規模の高潮 ・「堤外地の人命を守る」・「堤外地の資産の被害を低減する」				
堤外地において検討すべき高潮対策 ①フェーズ別高潮対応計画の策定 ②エリア減災計画の策定 ③防災情報共有体制の構築	防災情報	フェーズ	基本的な防災行動	
	・台風情報 ・警報等の可能性	①	情報収集	準備
	・高潮注意報 《高潮注意を知らせた時点から、潮位が上昇し、高潮警報が発令されるまでの期間》	②	関係者への情報提供	避難開始 車両、移動式クレーン等の安全な場所への移動準備
	・高潮注意報 《高潮注意を知らせた時点から、潮位が上昇し、高潮警報が発令されるまでの期間》	③	避難準備	避難中
三大湾において「フェーズ別高潮対応計画」の検討を開始	高潮警報	④	避難完了	避難終了
	・高潮警報 《高潮警報が発令された時点から、潮位が上昇し、高潮警報が発令されるまでの期間》			

【フェーズ別高潮対応計画のイメージ】 21

最後、現在、国土交通省港湾局は、高潮リスクの低減方策ガイドラインをまとめています。ここでも重要になってきているのは、堤外地リスクをどうやって低減するのか。それに対して今後検討すべき施策として、フェーズに応じた対応計画、それからエリア減災計画、情報共有体制を考えています。これらに資するような形で先ほどの研究が反映されていくのだろうということでございます。

まとめ	
・沿岸海洋・防災研究部の大きな研究の柱である高潮防災について紹介。特に、高潮に対し脆弱である港湾域特に堤外地の特性について紹介するとともに、当部における研究体系、観測・予測・対策に関する研究内容を紹介。今後とも、高潮に関する研究を進める	
・一方、防災ではないが、当部での重要な取り組みである「環境」について簡単な紹介	
ご清聴ありがとうございました。	



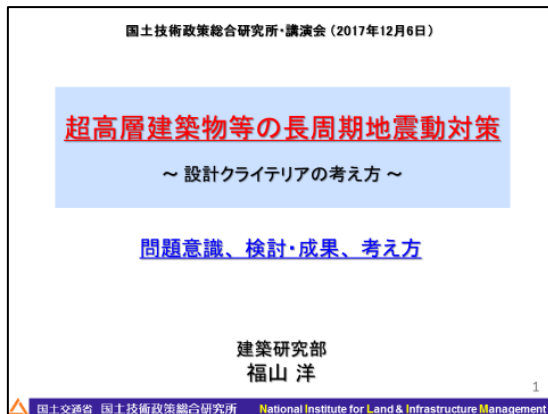
海と船が使える環境 22

以上、簡単ではございますが、当研究部での高潮の紹介をいたしました。なおかつ、環境についても簡単な紹介をさせていただきました。どうもありがとうございました。

—了—

3.5 超高層建築物等の長周期地震動対策 ― 設計クライテリアの考え方 ―

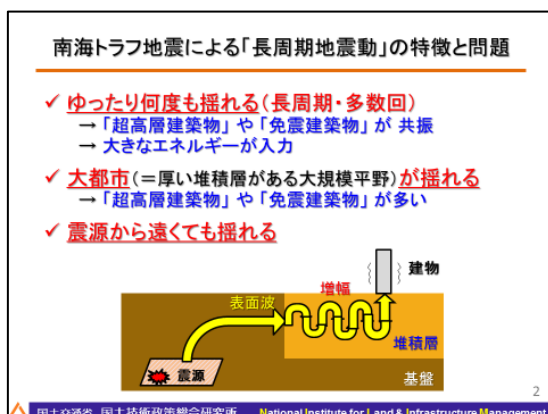
(建築研究部長 福山 洋)



うことについてご紹介させていただきたいと思います。

建築研究部の福山でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

ことしの4月1日に、超高層建築物と免震建築物を対象とした、長周期地震動対策が施行されました。国総研は、本省住宅局と一緒にこの対策について検討してまいったわけですが、きょうは、私たちがもった問題意識と、どういう検討を行いどのような成果を導き出したか、またその過程においてどういうことを考えてきたかとい



もう1つ、「多数回」は何度も揺れることで、非常に大きな累積エネルギーが入力します。例えば鉄骨造の柱と梁の接合部は溶接をされておりますけれども、そこが何度も変形し累積の変形がある一定値に達すると、溶接部が破断するという問題があります。

それから2つ目は、超高層や免震の建築物が多い大都市が揺れるということです。大都市はもともと大規模な平野で、それは非常に厚い堆積層でできていて、これがやわらかいものですから、地震動の長周期成分が特に増幅し、よく揺れるということです。

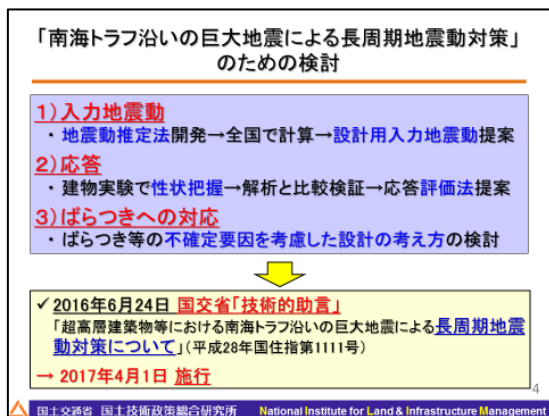
3つ目は、長周期の成分というのは、表面波で伝わりますけれども、表面波はなかなか減衰しないという特徴がありますので、震源から非常に遠くまで伝わり、遠いところでも揺れるという問題です。

今回の対策は、南海トラフ地震による長周期地震動を対象としております。その特徴と問題についてまとめてみました。

まず1つ目は、ゆったりと何度も揺れることです。言葉では長周期・多数回という言い方をしております。「長周期」については、長い周期が超高層や免震建築物の周期と合って共振をすることで、想定していないような大きな変形が出てしまうという問題があります。



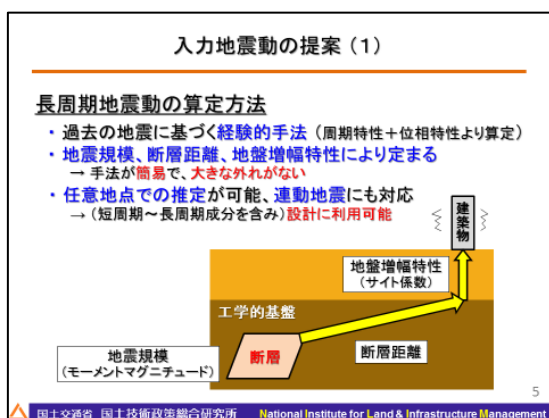
ど、360カ所で損傷が発生したと報告されています。



ころです。

これらを通して、昨年の6月に長周期地震動対策についての技術的助言が出され、今年の4月から施行されたという流れです。

では、ここから1)、2)、3)それぞれについて少し詳しくお話をさせていただきます。



う非常に簡易なものですが、これまでの経験に基づいていますので、恐らくそれほど大きな外れはないのではないかなと考えております。

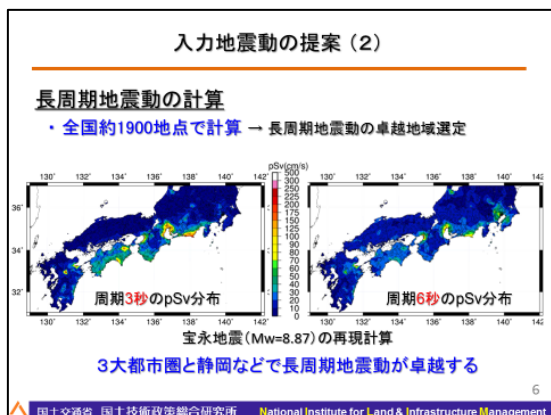
その1つの事例ですが、2011年東北地方太平洋沖地震のときに、大阪の咲洲庁舎、55階建ての鉄骨構造なのですが、これが非常に揺れました。震源から770キロ離れており、この地域は震度3でした。この建物の1階の変形はわずか7センチでしたが、共振によって52階では約20倍に増幅され、片側136センチ、両側の振幅で約2.7メートル揺れたのです。これにより、エレベーターの閉じ込めや天井の落下、それから防火戸のゆがみなど、

こういうことを踏まえまして、地震動の対策のための検討を行ってまいりましたが、大きく3つの観点で行いました。1つ目は、設計用の入力地震動をどのようにするか。2つ目は、地震動に対して建築物側の応答をどう評価するか。3つ目は、この両方に関係するのですが、入力地震動も応答評価も両方ばらつきがあります。こういった不確定要因がある中で、どのように設計の考え方に落とし込んでいくか、そこが一番難しかったと

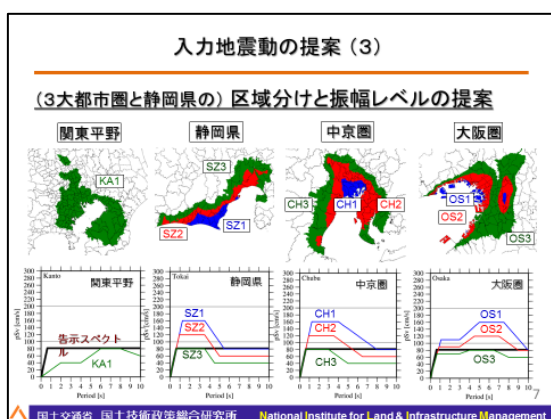
まず1つ目、入力地震動に関しては、最初に建築物の足元でどういう揺れになるかという長周期地震動の算定方法を開発し、提案いたしました。ここで行った検討方法は、過去の地震のデータがたくさん蓄積されておりますので、それらを有効に活用する方法です。手法としては地震の規模、これはマグニチュードです、それから、震源からの距離、さらに建物下の地盤の増幅特性、これらが定まれば、長周期の地震動が決まるという

この方法は、任意の地点で推定ができて、南海トラフで想定される、3連動、4連動という連動地震にも対応できます。

それから、設計で一番大事なことですけれども、長周期だけではなくて、短周期から長周期まで全ての成分を含んでいるという特徴がございます。



これを使って、全国約1,900の強震観測をしている地点で地震動を計算し、どこが長周期が卓越するかをみてみました。その結果の一例がこの2つの図になります。左が周期3秒、右が周期6秒の速度応答の分布で描いていますけれども、緑や黄色、赤というところが揺れやすいところです。3大都市圏と静岡、それから幾つかそれ以外のところも色の薄いところがありますが、これを全ての周期帯で調べて、総合的に検討しまして、最終的には3大都市圏と静岡について、次の図のような区域分けと振幅レベルとして取りまとめ提案いたしました。



区域分けは、関東地方は1つ、静岡と中京、大阪については色分けをしているようにそれぞれ3区域です。これは、先ほどの方法で各町丁目の長周期地震動を推定し、そのデータを全部集めて、大きく3つのレベルに分けたものです。そのレベルは、下に応答スペクトルの図で描かれています。これは横軸が周期、縦軸が速度応答です。黒く太いラインは、これまでの超高層建築物や免震建築物の設計で用いられるスペクトル、告示スペクトルと呼んでいますが、速度で約80kineのレベルです。これに対して、青いところはその2倍、赤が1.5倍、緑が1倍とレベル分けをして、区域分けを行ったものです。

関東が1つだけというのは、南海トラフから少し距離があるので、そこまで増幅しないということなのです。それから、このスペクトルをみますと、応答が卓越する周期がそれぞれで違います。大阪だと6秒あたり、関東は7秒、静岡は2秒あたりなのですが、これはそれぞれの地域の地盤構造によります。大阪や関東は非常に深い、厚い堆積層があって、長周期化するのです。一方、静岡は震源に近いものですから、短周期側の影響が大きいということです。

応答評価法の提案(1)

鉄骨造実大架構の繰返し加力実験

建築研究所、実大構造物実験棟

試験体

アクチュエーターを伸縮

梁端接合部の破断に至るまでの挙動を再現

国土交通省 国土技術政策総合研究所 National Institute for Land & Infrastructure Management

8

実大実験における梁端のディテール

	現場溶接タイプ	工場溶接タイプ	
新型 JASS6推奨 ディテール	スカルップ: R35 + R10 複合円 ノンスカルップ: 裏当て金2分割	スカルップ: R35	Y1 Y2
旧型 1995年以前 のディテール	スカルップ: R35	スカルップ: R35	現場溶接 タイプ 工場溶接 タイプ

4種類の梁端を
帯組試験体に配置

9

鉄骨梁部材の(設計)疲労曲線 (提案)

疲労強度 (片部幅)

破断寿命 N_f

$\sigma = C \cdot N_f^{-\beta}$, $\beta=1/3$
 — $C=4$ (スカップ有 設計式)
 - - $C=5$ (スカップ有 実験式)
 ... $C=6$ (スカップ無 設計式)

凡例 備考

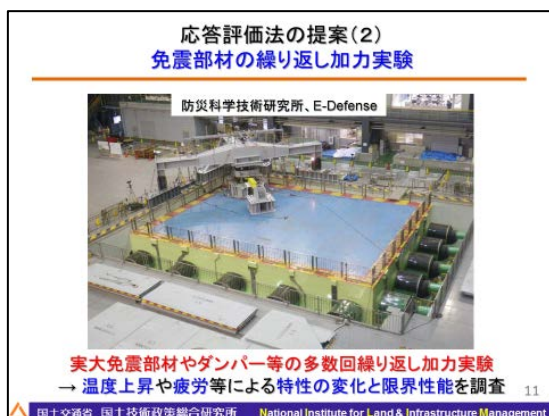
- 3SR
- 現 3SR 実形
- ◇ 現 3SR スカップ付
- 現 3SR_ER00
- 現 実部材切出
- △ エンパシ CFT
- 現 エンパシ CFT
- △ エンパシスカップ
- 現 水平エンパシ
- △ エンパシスカップ
- ▲ 現 実形
- ◇ 現 サトプレート
- ◇ 現 サトプレート
- ◇ 現 サトプレート
- 現 水平プレート
- ◇ エンパシスカップ
- ◇ エンパシ+10R
- ▲ 現 エンパシ+10R, 38.5N

梁端接合部の仕様の違いにより、破断に至る繰返し回数は異なる → それぞれの疲労曲線を提案

国土交通省 国土技術政策総合研究所 National Institute for Land & Infrastructure Management

10

10



態で水平に揺らすことで、実際の状況をできるだけ再現しようと試みました。これにより、実大の免震部材やダンパーの多数回繰り返し加力実験を行い、温度上昇や疲労によって特性が変わっていく様子や、その限界性能の調査を行いました。

免震に関しましては、最近是非常に大きな免震装置が使われておりますけれども、そこに実際にかかる大きな軸力をかけて、揺ることができる装置は残念ながら日本にはありません。そこで、防災科学技術研究所のE-Defenseの施設を使わせていただきました。写真のように、振動台の外側にグレーの鉄骨架構を置き、これと振動台の間



これは実験結果の一例です。鉛プラグ入り積層ゴムという、積層ゴムの真ん中に鉛が入っていて、それで地震エネルギーを吸収するものの実験結果ですけれども、繰り返しによって温度がどんどん上がっていきました。鉛の中心で130度まで上昇しましたが、それにしただがって免震装置の耐力が低下していくという特性がみられました。

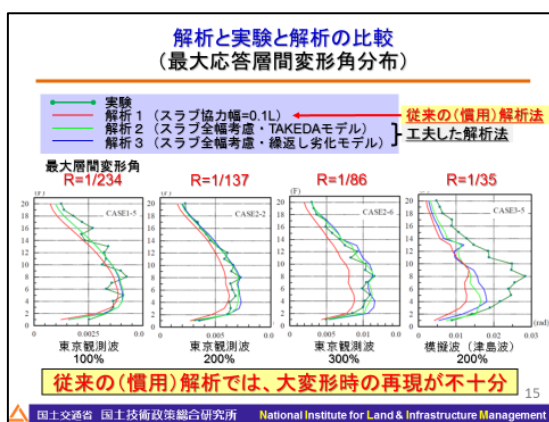


そういう特性を実大レベルで把握することと、実大の装置について限界までの加力を行い、最後は破壊させるという実験を行いました。

こういった各種免震装置やダンパーについて、温度依存性などの特性を把握し、それを設計で評価できる方法を提案して、実務においてお使いいただいております。



それから、RCにつきましては、20層の建物試験体を用いE-Defenseで加震実験を行いました。目的は、非常に大きな変形になったときに何が起きるかをまずみてみようということと、通常行っている応答解析と比較して、どのような関係にあるかをみてみようということです。さすがに実大というわけにはいきませんので、4分の1スケールの縮小模型ですが、それでも高さは15メートルあります。



解析と実験の比較をここに示しています。これは、各階ごとの最大層間変形角の分布で、縦軸が階、横軸が層間変形角です。加震は少しずつ大きな波を入れていきましたので、そのときの最大層間変形角が、左の図から1/200程度、1/100程度、この1/100は現在の設計クライテリアで、通常はここを超えてはいけないところです。さらに、それより大きくしたらどうなるかということで、1/100を超えた1/86と、最後はクライテリア

の約3倍の1/35の状況が描かれています。

緑のぎざぎざした線が実験結果、赤線が通常の設計で行われている解析結果です。最大層間変形角が1/100以前であれば、実験とシミュレーションは、多少のずれはありますが、比較的整合しています。しかし、ここを超える1/86ではそれらの間に乖離がみられてきます。そこで解析に少し工夫をしてみました。建築では梁の上に床スラブがとりつきますが、解析では、スパンの1割の範囲の床スラブを梁と一体化させて考慮するのが一般的です。それを、大変形では全てのスラブが耐力に効くので、全幅の床スラブを考慮すると、うすい緑の線のように実験に合ってくることもわかってきました。

ただし、さらに大きな1/35まで行ってしまうと、工夫した解析でも合わず、実験がシミュレーションの倍程度まで変形してしまいました。以上のことから、今の解析では、クライテリアを超えるような大変形の再現にはまだ検討の余地があるということもわかってきました。

長周期地震動対策

従来の地震動 6波[※]に加えて、技術的助言に示す区域内では「長周期地震動1波以上」を用いる
(※)「告示波 or サイト波 3波以上」&「観測地震波 3波以上」)

従来からの倒壊・崩壊の判定クライテリアは踏襲する

イ. 各階の 応答層間変形角 $\leq 1/100$
 ロ. 各階の 層としての 応答塑性率 ≤ 2.0
 ハ. 各部材の 応答塑性率 ≤ 4.0
 ニ. 上記を超える場合は、別途検討を要する

鉄骨造・免震建築物・制震建築物では、多数回繰返し変形の影響により、梁端部の破断が生じる可能性や免震材料・制振部材の特性が変化するという可能性を考慮し、安全性の検証を行う

RC造建築物では、特段の運用の変更はない

16

国土交通省 国土技術政策総合研究所 National Institute for Land & Infrastructure Management

なりますけれども、限界値であるクライテリアは変えていませんので、設計は厳しくなります。これについては、従来からこの設計クライテリアを超える場合は、別途、特別に安全性を検討してくださいという規定があります。その内容については、性能評価の場で議論することになっておりますので、必要な場合はここを活用していただくという考えです。

それから、鉄骨と免震と制震については、先ほど実験をご覧いただきましたように、多数回繰返し変形の影響がありますので、それによる梁端の破断が生じる可能性ですとか、免震・制振部材の特性が変化するという可能性を考慮して、安全性の検証を行うということが追加で求められています。

一方、RCについては、このクライテリアの範囲であれば、多数回繰返し変形の影響は特段みられていないものですから、その点に関する運用の変更は設けておりません。

不確定要因を考慮した設計の考え方

「不確定な要因」への対処

- 工学では、未知や未経験がある中で、ものづくりを行う必要
 → 分からないことや不確定の要因への対処として適度な「余裕」を設定

「設計用入力地震動」の位置づけ

= 検討に用いる代表的地震動

- これと性質やレベルが異なる地震動の作用も考えられるが、予測が困難(大きな地震動が数回来襲することもある)
- 構造計算を複雑にしないために、代表の入力に対して検討
 → 代表的な事象に一定の余裕を付与することで、他の事象に対しても、ある程度の安全性を確保

17

国土交通省 国土技術政策総合研究所 National Institute for Land & Infrastructure Management

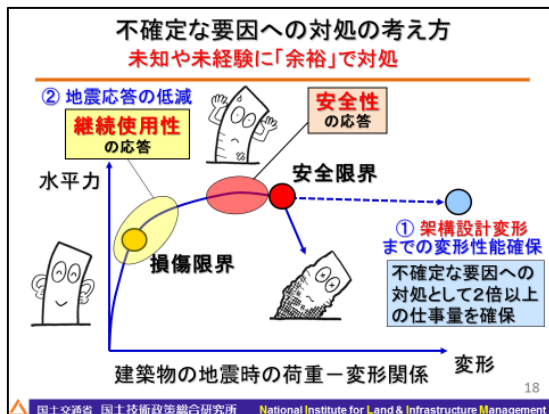
置づけました。恐らく実際には、これを超えるような大きな地震動もあり得ますし、少し様相が違う、思っていなかったような地震動が来ることもないとはいえないのですが、予測が難しいのです。熊本地震のときにも震度7が2回ということがマスコミでも取り上げられましたが、次に何が来て、何回来るという予想は今のところ非常に難しくできません。また、もしわかったとしても、構造計算が非常に煩雑になるということも考え合わせますと、代表的な事象に対して、一定の余裕を設計で設けることで、そのほかのものもカバーする。そこである程度の安全性を確保するというのが当面、合理的ではないかなと思っています。

これらを踏まえて対策ですが、従来から告示波と観測地震波、それぞれ3波以上の6波以上で検討を行っておりますが、それに先ほどお示した区域では、長周期地震動1波以上を用いることになりました。

それから、倒壊、崩壊の判定クライテリアについては、応答層間変形角が1/100、層の応答塑性率が2以下、部材の塑性率が4以下という従来通りで、今回は変えませんでした。地震力は大きく

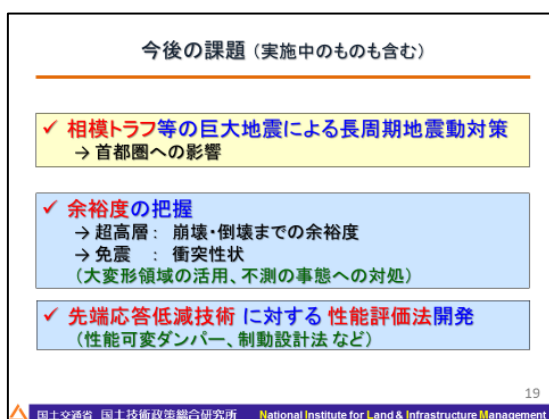
それから、難しかったのが、不確定な要因にどう対処していくかということところです。もともと工学というのは、わからないことや経験していないことがある中においても、ものづくりが求められる分野だと思います。そして、そういう要因に関しては、昔から適切な余裕を設けることで対処されてきたと思います。それを踏まえて、今回、設計用入力地震動について考えてみました。

そして、これは検討に用いる代表的地震動と位置



「架構設計変形」まで変形できるように、保証設計にて変形能力をしっかりと確保していくことが必要と考えられます。

一方、超高層建築物は、1つの街のように非常に多くの方が使われておりますので、地震が起きて損傷し使えなくなるということは影響が大きく、避けるべきです。そこで、大地震の応答を黄色い「継続使用性の応答」あたりにとどめ、地震後も継続して使えるようにしておくことが推奨されますが、そうすることで何か想定外の事象があったとしても、まだ安全限界までは十分に余裕があるという安心も持たせられると思います。



リアランスを超え擁壁などへ衝突するとどのようになるか、などをしっかりみていこうということと、継続使用性のような非常に高い性能をもたせるために、さらになる先端技術が開発されてくると思いますが、それらに対する審査や評価の考え方も開発していく必要があろうかと思います。

これは、建物の力と変形をポンチ絵で描いています。安全限界を超えなければ、とりあえず設計としては成り立ちますので、応答値がこの赤い「安全性の応答」の範囲にとどまれば良いということになります。しかし、地震動が予想より少し大きくなると、実は安全限界を超えるかもしれない。また、応答評価のばらつきもあるかもしれないということから、この安全限界ではなくて、できればその倍ぐらいのエネルギー吸収ができる

今後の課題です。今回は、南海トラフが対象でしたが、関東地方に対して影響の大きな相模トラフの検討も必要で、これについては、既に着手しているところです。また、熊本地震で観測された長周期地震動も話題になっておりますが、今後このようなものにどう対処すべきかの検討も必要になると思われます。

また、設計の余裕度について、実際に、倒壊までどれぐらいの余裕があるかや、免震建築物がク



これらのことも合わせまして、私たちはさらなる安全・安心に向け、関係する皆さんの力を結集し、オールジャパンでしっかりと対応させていただきたいと考えております。引き続き、皆様のご支援、ご協力をいただきますように、どうぞよろしくお願いいたします。

以上でございます。ご清聴ありがとうございました。

——了——

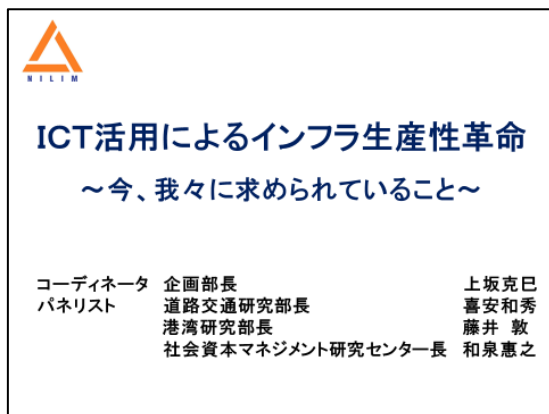
3.6 ICT 活用によるインフラ生産性革命 ― 今、我々に求められていること ―

(コーディネーター) 企画部長 上坂 克巳

(パネリスト) 道路交通研究部長 喜安 和秀

港湾研究部長 藤井 敦

社会資本マネジメント研究センター長 和泉 恵之



【企画部長 上坂】

皆さん、こんにちは。企画部長の上坂でございます。本日は、国総研講演会にお越しいただきまして、まことにありがとうございます。

私、昔、情報基盤の研究室、あるいは道路研究室にいたこともありますので、本日はコーディネーターの役を務めさせていただきます。

これまで講演会では、実はこの時間帯は特別講演を行っていただいております。しかし、今回、

スケジュールの調整上、特別講演がこの後ということで少し遅くなってしまいましたので、このパネルディスカッションはその前座として聞いていただければと思います。

さて、本日のテーマは、現在、国土交通省の目玉政策である生産性革命でございます。生産性革命というのは、現在フィーバーしている感がありますので、本日は少し冷静に捉えまして、我々が今後どのように向き合っていけばよいのかということを議論していければと思っています。

副題を「今、我々に求められていること」と、国総研と書いていないのは、ICTの活用は国総研だけでは研究開発が進められることはできないからです。他分野の方とも一緒にやっていく必要もありますし、きょう、会場にお越しの皆さんとも一緒にやっていく必要があるということで書かせていただいているところでございます。

なお、きょうは、広い会場でございますので、会場から意見を聞くということができません。ですから、もし何かご意見等がありましたら、封筒の中にアンケート用紙が入っておりますので、その最後にいろいろ意見を書いて提出していただければ幸いです。



いわれている中で、人手不足の中で今後、工事ができなくなってしまうところをなくして、しっかりとしたインフラをつくって守っていくということが1点。それから、できたインフラを賢く使って、日本をプラス成長に導いていくという2つの考えかと思います。

そういう中で、今回は3研究部、センターと一緒にパネルディスカッションということで、マイナスをゼロにというのは社会資本マネジメント研究センターの和泉さん、それからプラス成長にというのは道路交通研究部の喜安さん、両方にまたがるということで港湾研究部の藤井さんと一緒に話を進めていきたいと考えております。



国総研 研究方針 H29.11.1改定

基本姿勢

○技術的専門家として行政の視点も踏まえ、国土交通省の政策展開に参画する

・技術政策の企画・立案のみならず、普及・定着まで一貫して、当事者として参画する

～ 中略 ～

○国土・社会の将来像の洞察と技術開発の促進により、新たな政策の創出につなげる

着まで一貫して当事者として参画するということで、普及、定着ということに対する国総研の行動についてもみていきたいというのが1点でございます。

それから、国土、社会の将来像の洞察、技術開発の促進によって、新たな政策の創出につなげるということです。きょうこれからお話しするICTの分野というのは、国総研が今までもそういう役割を果たしてきている分野の1つだと思います。そういうところにスポットを当てて、パネルディスカッションをやっていききたいと考えた次第でございます。

それで、まず最初、なぜ今、生産性革命かということです。ご案内のとおり、急速な人口減少、それから急速なICTの進化というのはいうまでもありません。それともう1つ、私はあると思っているのですけれども、それについては後ほどお話をいたします。

大きく生産性革命を分けると、特にインフラ分野でいくと、インフラを着実につくる、守るということでは、今、人口減少、市町村も消滅すると

その中で、今回、どういう方向でパネルディスカッションをやらうかと悩んだのですけれども、1つ、きょう最初の挨拶で藤田所長が申し上げましたように、この11月に国総研の研究方針の見直しを行っております。その中の基本姿勢ということでちょっと抜粋しております。

1つ目が技術的専門家として、国交省の政策展開に参画するということですが、ポイントの説明としては、政策の企画立案のみならず、普及、定



パネルディスカッションの流れ

1. 「生産性革命」までの道のり
2. 「生産性革命」浸透のための取り組み
3. 「生産性革命」加速のための研究展開

パネルディスカッションの流れですけれども、1つ目でございます。実は、今、なぜ生産性革命かというときに、現在、急に何か技術の大きなブレークスルーが起こって、突然生産性革命になったわけではないと思います。非常に長い助走期間があつて、それが今、実を結んでいるということだと思いますので、そこをまず振り返りたいと思います。2つ目が、先ほど研究方針の説明で申し上げましたが、浸透、普及のための取り組み。最後、3巡目は加速のための研究展開ということで、そういう流れで進めていきたいと思います。

最後、3巡目は加速のための研究展開ということで、そういう流れで進めていきたいと思います。



1. 「生産性革命」までの道のり

それでは、1巡目に入ります。生産性革命までの道のりということで、これはi-Constructionの大本の和泉さんからお願いします。

CALSからi-Constructionへ

- 1996年 建設CALS整備基本構想の策定
- 1999年 CADデータ交換標準(SXF)開発
- 2001年 電子納品・電子入札の開始
- ～ 情報化施工の普及
- 2012年 トータルステーションを用いた出来形管理要領(案)の策定
- 2012年 CIMの試行開始
- 2015年 i-Construction開始
- 2016年 点群データを用いた面的な出来形管理の導入

【社会資本マネジメント研究センター長 和泉】

社会資本マネジメント研究センター長の和泉でございます。

それでは、私からはまず、CALSからi-Constructionへの流れということで、最初に全体の年代ごとの流れを説明いたしまして、その後に細かい詳細なことを追って説明したいと思います。

まず、約20年前になりますが、建設CALSというのが1996年に基本構想が策定されて、進められてきました。その1つの大きな成果といたしまして、3年後の99年にはコンピューターで設計を行うCADデータの交換標準というものが開発されております。

さらに、2001年にはCALSの大きな目標だった電子納品、あるいは電子入札が開始されて、その間、さらに施工の面での情報化も普及して、5年前になりますけれども、2012年にトータルステーションを用いた出来形管理要領が策定されております。トータルステーションは測量機器でござ

いますが、自動的に3次元座標を取得できるもので、そのような機器を用いて、出来形・施工管理を要領よく進めていくためのものがございます。

さらに、CIMは現在もどんどん進化しておりますが、その試行が2012年に始まりまして、2015年、2年前に、ご存じのようにi-Constructionが開始。これは、生産性革命、2025年までに生産性を2割向上させるという目標のもとに始まったものがございます。

さらに、昨年でございますが、点群データを用いた面的な出来形管理。これは、画期的な面的な管理を行うということで、面的に座標データ、位置データを取得する技術がかなり進んできておりましたので、そのような機器、技術を用いて、出来形管理、施工管理を行うという要領等をつくって導入されてきたというところでございます。

CALSとは

Continuous Acquisition and Life-cycle Support
公共事業支援統合情報システム

組織間、事業段階間での情報の交換、共有、連携を図り、

- ・建設費の縮減
- ・品質の確保・向上
- ・事業執行の効率化

等を目指す <建設CALS整備基本構想(1996)>

それでは、もう一度戻って詳しく説明いたしますと、まずCALSとはどういうものだったのかということでございますが、ここに英語で書いてありますが、直訳しますと継続的、持続的な調達とライフサイクルのサポートということで、日本語では公共事業支援統合情報システムと呼んでいました。

内容、目的でございますが、組織間、事業段階間での情報の交換、共有、連携を図るということ

で、その結果、建設費の縮減、品質の向上、業務の効率化ということを目指すというもので始まったものがございます。

CALSで実現できたもの

- ・電子納品による書類削減、情報検索性向上
- ・情報共有システムによる受発注者間コミュニケーション円滑化
- ・CADデータ標準化による再利用性向上、民間ソフト開発促進

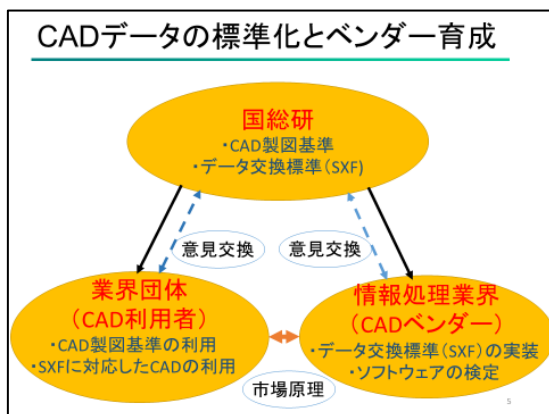
↓

- ・電子化や業務改善は一定程度進展
- ・電子化のレベル(2次元図面、紙資料がベース)や、業務プロセス間の情報連携が不十分であり、抜本的な生産性向上は道半ば

それでは、その結果、どんなことが実現できたかということでございますが、まず電子納品による書類の削減、情報検索の向上ができただろうと。さらに、情報共有システムによって、受発注者間のコミュニケーションの円滑化、あるいは先ほどいいましたCADデータの標準化によって、民間のソフト開発が非常に促進されて、データの再利用性が向上したということがあるかと思っております。

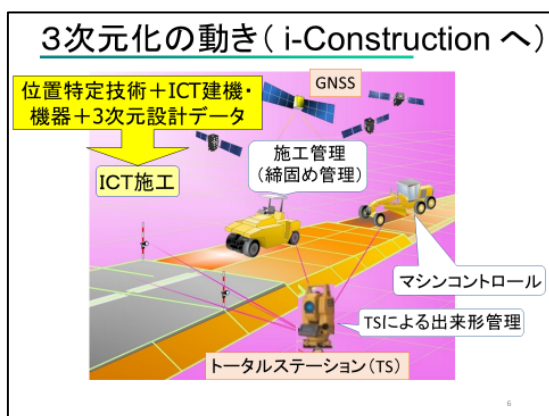
ただ、では全てうまくいったのかといいますと、実は電子化や業務改善は一定程度進展いたしましたけれども、電子化のレベル、紙データを電子化したというレベルのものが多くという状況もございますし、もう1つは、業務プロセス間の情報連携が不十分。業務プロセス間というのは、建設生産システムは、調査、設計から始まりまして、積算、契約、施工、維持管理まで、ずっと一連で流れていくわけでございますが、例えば調査、設計の段階から施工に結びつけるプロセス間の情報

連携がまだ十分っていないということで、抜本的な生産性向上はまだ道半ば。裏を返せば、まだまだ生産性向上を行う余地があるということでございます。



も使い勝手が悪かったという状況がございます。

その中で、やはり標準的なものをつくって、協調するところは協調する、競争するところは競争するというので、最低限の共通するところの基準をつくりましょうということで、国総研と書いてございますが、国総研とCAD利用者、これは主に設計の分野でございますので、設計コンサルタント関係になりますが、こういう方、あるいは実際にソフトを開発するCADベンダーの方とよく意見交換しながら、製図の基準、データの交換標準をつくったということでございます。これによりまして、ある程度市場原理、競争原理も働きまして、今、さまざまな使い勝手のいいCADソフトができてきていると。それによって、生産性の向上にも結びついているという状況でございます。



その後、いろいろと情報化施工というのがございましたが、最近の i-Construction への動きとして、やはりデータの3次元化というのが非常に大きな動きの中の中心にあるのだろうと考えております。

実際に施工面、工事現場での話になりますけれども、位置特定技術として、GNS、GPS、あるいは先ほどいったトータルステーション、これは目標物、プリズムといいます、そこに光を当てただけで、ここの3次元の座標を簡単に取得できるという測量です。このような位置の特定技術の進展。さらにマシンコントロールと書いてございますが、自分で位置情報を取得しながら、本当に自動的に施工できるようなICT建機。これを3次元設計データと結びつけることによって、実際の現場というのは当然のことながら3次元の世界でございますから、自動化施工による施工の効率化、あるいは施工管理、出来形管理も効率的に行っていけるという形を今、迎えつつあるという

ところでございます。

i-Construction 3次元基準類策定

2012年～
管理断面での出来形計測の効率化
・トータルステーションを用いた出来形管理要領(土工編)

2015年～ **i-Construction開始**
点群データにより出来形形状を面的に評価
・空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)
・地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)
・RTK-GNSSを用いた出来形管理要領(土工編)(案) など



その中で、国総研としてどんなことをしてきたのかということですが、3次元に対応した基準類を策定しようということで、国総研としてはいろいろな検討を進めてきております。

例えばi-Construction開始が2015年ですけれども、その前の2012年でございますが、先ほどいったトータルステーションを用いた出来形管理要領を策定しております。これは、先ほどいい

ました管理断面で3次元データを取得することによって、従来であれば巻き尺ですとかレベルで計測しながら施工管理とか出来形管理をしていたのが、トータルステーションを用いて迅速、正確に出来形管理をできるようになってきたと。

さらに、2015年、i-Constructionが開始したところでございますが、ここではさらに点群データによって面的に評価するという技術。点群データといいますのは、空中写真測量、UAVにカメラを積んで測量いたしますが、そういうものですとか、地上型レーザースキャナーというものをを用いて、点群データというのはデータの集まりですから、面的なデータを取得できる。面的なデータを取得することによって出来形・施工管理をより高精度、高効率にやっていこうと。そのための要領をこのように策定してきたという状況でございます。

私からは以上でございます。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。CALSという言葉が久しぶりに聞きましたけれども、今、i-Constructionが目指しているのも、CALSが目指しているのと同じだったのです。20年以上前から始めてきているCALSが今、やっと実を結びつつあるということではないかと思います。

それでは、続きまして、港湾の分野でアイコンを引っ張ってこられている藤井さん、よろしくお願いします。

国総研講演会(パネルディスカッション)

ICT活用によるインフラ生産性革命 ～今、我々に求められていること～

国土技術政策総合研究所
港湾研究部長 藤井 敦

 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

【港湾研究部長 藤井】

港湾研究部長の藤井と申します。よろしくお願いします。

私は、主に港湾とか空港関係の仕事に従事してまいりました。最近の例ですと、関空の2期工事とか、清水港、静岡県内の直轄事業の実施、またカンボジアでのJICA専門家、国総研に来る前には横浜港でコンテナターミナルの整備や運営の仕事をしてまいりました。

それらの経験の中で、今回のテーマについて思うところをご説明したいと思います。

1. 港湾の役割①



東京港大井コンテナターミナルでの荷役状況

写真提供:公益社団法人 日本港湾協会 6

まず、港湾の役割ということでございます。ご承知のように、我が国の物流は海上物流によって支えられてきています。その海上交通の日本での受け手が港湾になるわけです。このように大きなコンテナ船で受け取るために、大水深の岸壁、大きなクレーンが必要となってきます。

1. 港湾の役割②



横浜港南本牧ターミナルでのコンテナ荷役状況

写真撮影:国総研 藤井 敦 7

このように大きなクレーンをたくさん使って、効率的に荷役することが求められています。

1. 港湾の役割③

国土技術政策総合研究所



クルーズ船の着岸状況:横浜港大桟橋

写真撮影:国総研 赤倉康寛 8

また、最近、非常に話題になっていますのがクルーズ船です。クルーズ船を受け入れるような施設についても、現在、精力的に整備をしているわけですが、まだ道半ばということでございます。

1. 港湾の役割⑤

国土技術政策総合研究所



クルーズ船の着岸状況:那覇クルーズターミナル

写真提供:那覇港管理組合 9

このように、非常に人気のスポットとして那覇港では、後ろのほうにみえますけれども、3隻のクルーズ船が同時に着桟しているというように、非常にクルーズの需要が高まっているということでございます。

2. 厳しい環境①

国土技術政策総合研究所



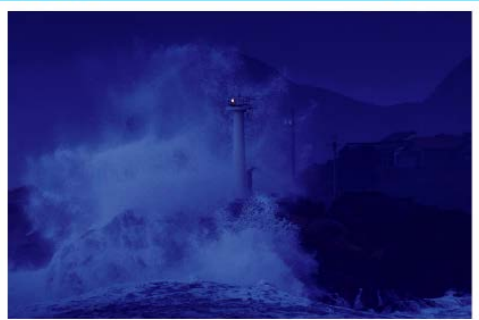
福井県越前海岸における波浪の状況

写真提供:公益社団法人 日本港湾協会 11

一方で、そのような港湾の環境は非常に厳しい状況でございます。これは、日本海、福井県の例でございますが、冬季風浪でこのように激しい波浪が押し寄せます。ふだんは非常に穏やかな海でも、ひとたび天気が悪くなるとこのような状況になるということです。

2. 厳しい環境②

国土技術政策総合研究所



波しぶきの中の灯台:京都府京丹後市間人(たいざ)

写真提供:公益社団法人 日本港湾協会 12

2. 厳しい環境③

国土技術政策総合研究所



平成29年 台風21号上陸時の久里浜港

写真撮影: 国総研 鈴木 啓介 13

自分のことをいって申しわけないのですが、私どもが立地しております久里浜においても、台風21号でこのような状況になって、多少の被害を受けてしまったということもございました。

2. 厳しい環境④

国土技術政策総合研究所



既存の防波堤が支障となる狭隘な場所でのケーソン据付: 神戸港

写真提供: 近畿地方整備局 14

また、港湾の構造物、水中にもある、大規模ということで、このように大きいクレーン船を用いて、岸壁とか防波堤をつくったりしています。

2. 厳しい環境⑤

国土技術政策総合研究所



宇和島港における巨大クレーンの玉掛け作業

写真提供: 公益社団法人 日本港湾協会 15

2. 厳しい環境⑥

国土技術政策総合研究所



新潟西海岸における老朽化した消波ブロックの撤去状況

写真提供: 公益社団法人 日本港湾協会 16

これは、新潟港の西海岸における消波ブロックの撤去の様子ですが、このように大規模であるとともに、人手も要しながら工事をしているという状況でございます。

2. 厳しい環境⑦

国土技術政策総合研究所



大型起重機船3隻相吊りによる大ブロック架設:東京ゲートブリッジ

写真提供: 関東地方整備局

17

東京ゲートブリッジでは、大きな橋げたをこのように架設いたしました。

2. 厳しい環境⑧

国土技術政策総合研究所



水中作業(水中溶接、ブロック据付、均し作業等)は潜水士が全て行う。

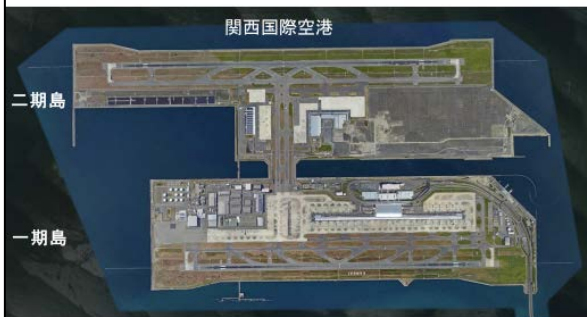
出典: 一般社団法人 日本潜水協会

18

水中の作業というのは、潜水士によって行われています。このように水中の作業を潜水士が手を使い、指示しながら行っているということで、作業環境としても非常に厳しいという状況でございます。潜水士も高齢化が進んでいます。

3. 関空二期工事での事例①

国土技術政策総合研究所

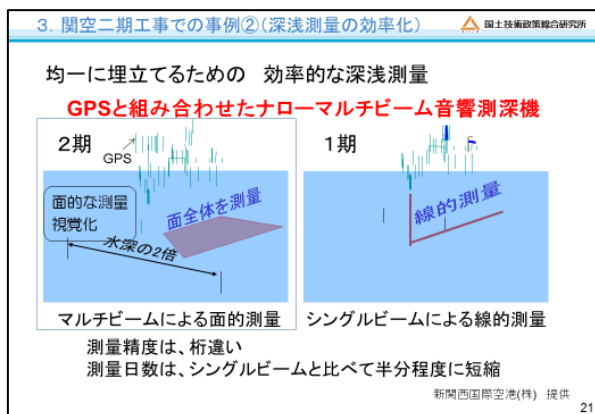


出典: Google Earth

このような中で、i-Constructionは何をするかということなのですが、私が以前従事しておりました関空でも先行的な取り組みは行われていました。それを簡単にご説明したいと思います。

関空は、1期島、2期島で構成されております。それぞれ500ヘクタールを超える大規模な埋立地を造成し、滑走路をつくる工事でございます。

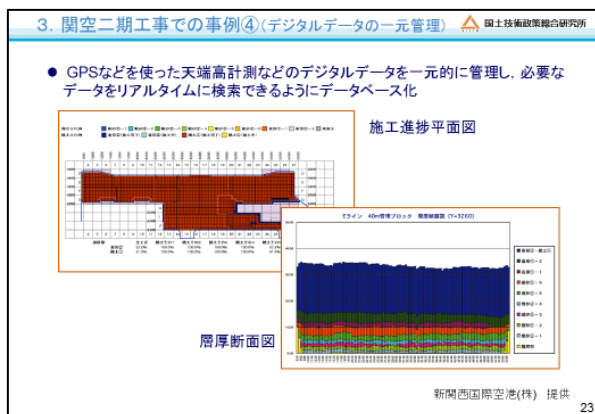
この埋立地が立地する海底地盤というのは粘性土層でありまして、土を埋めてもどんどん沈下していってしまうと。沈下計測を綿密に行いながら、工事を進めていくということが工事の肝ではございました。また、限られた工期の中で効率的に工事を行うということが求められていました。



その中で、いろいろな先端技術、情報技術を使い、工事を進めてまいりました。1期島ではシングルビームによる音響測量を行いまして、線的に行っていた測量を2期島では面的に測る装置を使いまして、1回で面全体を測量するという取り組みをしました。



また、土砂を均一に投入するために、投入前の状況、それから投入したらどのように深さが変わるかを事前にシミュレーションし、またGPSを使いまして、船の位置を正確に把握しながら、投入位置をコントロールしてきたということでございます。



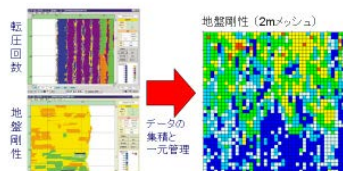
このような精密な工事をさらに一元的にデータを管理し、関係者間が共有し、日々変化していく現場の状況を把握しながら進めてきたというのが関空の工事の事例でした。層厚断面図を書いてございますように、それぞれの厚さが均一に沈下していく必要があります。1つのところだけたくさん土を捨てると、その分だけ沈下が速くなってしまいます。そのようなことがないように、平面的に行うことが求められておりました。

行ことが求められておりました。

3. 関空二期工事での事例⑤(締固め施工管理システム)

締固め施工管理システム

- 振動ローラーにGPSと加速度計を装着
- 運転席のモニターでリアルタイムに転圧回数と地盤剛性を面的に確認できる。
- 結果はデジタルデータとして一元管理

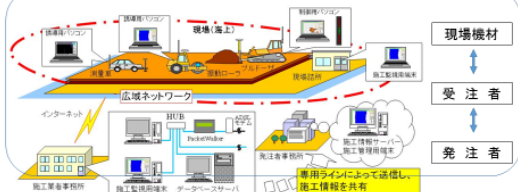


新聞西国際空港(株) 提供 24

ひとたび陸上化しますと、このような振動ローラーという機械を使うのですが、振動ローラーにも加速度計とGPSを使いまして、地盤を踏み残しなく、面的に必要な回数だけ転圧するという工事を行ってまいりました。オペレーターにとっても、自分が作業しているところに漏れがないかを自分でみながら、確認しながら行うことができるという先進的な仕組みでした。

3. 関空二期工事での事例⑥(リアルタイム施工管理)

リアルタイム蓄積型管理システム



- ナローマルチビーム音響測深器
- 土砂投入シミュレーション
- GPSを活用した船位誘導システムの開発
- 用地造成転圧締固めシステム など

新聞西国際空港(株) 提供 25

このようなデータを集め、関係者間で共有し、工事を進めてきたというのが関空での事例です。

3. 関空二期工事での事例⑦



砂撤船(9隻)、サンドドレーン船(12連装8隻)、土運船(3,000m³級75隻)など施工能力の高い大型作業船を事前に確保し、効率的な施工を実施。



新聞西国際空港(株) 提供

このように、大型の作業船を多数使い、情報を共有しながら安全に工事を進めてまいりました。



砂も底が開くドーム船で先に沈めまして、浅くなってきましたとドーム船も入れませんので、揚土船により作業を行いました。



さらに、このようにブロック管理、関空は500ヘクタールありますけれども、それを40メートル×40メートルの管理ブロックごとに工事をしてきたということで、3,000個以上のブロックを管理しながら工事をしてきました。

このような中で、情報システムですとか、情報化施工が大きな役割を果たしてきたというのが今までの事例だったかなと思います。

まず、今までどういう取り組みをしてきたかという点についてご説明させていただきました。ありがとうございます。

【企画部長 上坂】

ありがとうございます。関空2期工事、1999年から。このパネルディスカッションが終わってしまいそうな展開ですね。港湾では道路の分野でCALSといって苦勞していたときにこれだけ進んでいたということですが、この辺のお話は後ほど伺いしたいと思います。

それでは、三方目、ITS、道路の使い方という分野から喜安さん、よろしくお願いします。

 自然资源部

【道路交通研究部長 喜安】

道路交通研究部長の喜安と申します。

現在、国土交通省で 20 の生産性革命プロジェクトがありますが、最初、お2人からお話がありましたのは、まさに i-Construction 推進ということで、今、生産性革命プロジェクトの先駆けともなっている取り組みかと思います。

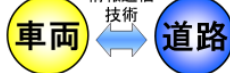
20 のプロジェクトの中で道路に関係するところをピックアップしたのですが、直接関係するところ

ころだけで6つぐらいあります。ほかにも間接的に関係しているところもございますが、個別にはまた後ほどご説明したいと思います。

道路をつくるという意味では i-Construction のところが深くかかわってまいりますけれども、今、ここで赤でくっておりますのは、どちらかというと道路を使う、有効活用していく、いわゆる賢く使うといういわれ方ですが、共通して申し上げますと、やはり賢く使うことによって生産性を高めるということが1つのキーワードかと思います。

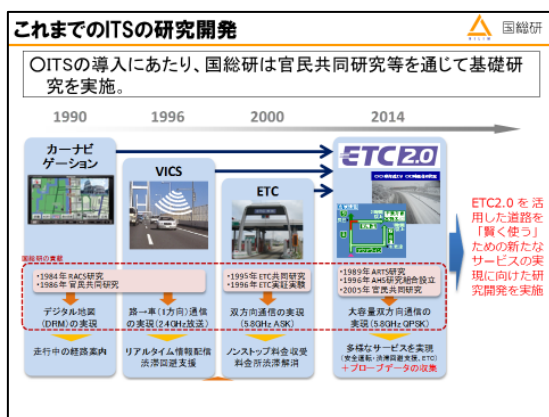
では、どうやって賢く使うかという道具のところで、ICTの活用、きょうのパネルディスカッションのテーマですけれども、それがそれぞれ深くかかわってきております。

- 道路交通の課題)

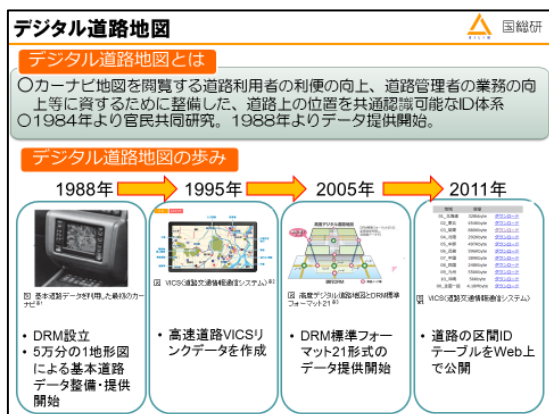


具体的に道路の分野でいきますと、ICTの活用は今に始まった取り組みではなくて、1996年もう20年ぐらい前の話になりますけれども、当時の関係5省庁がITSの全体構想をつくっております。まさにITSというのは、情報通信技術を活用して、人、道路、車が連携して、道路交通のいろいろな渋滞等の課題を解消して、サービスの高度化を図っていくということで、ある意味、生産性革命にもつながるような先駆的な取

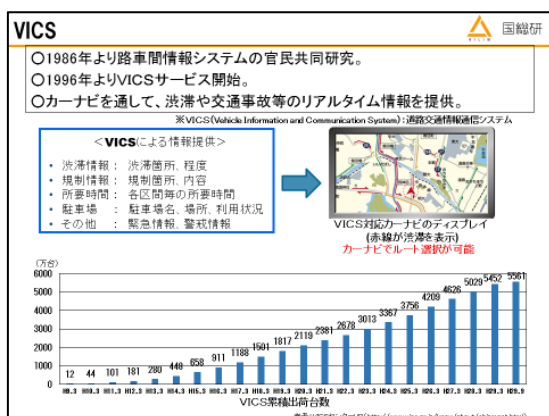
り組みではないかと思っております。



集大成するような形で、現在、ETC2.0 というサービスを行っております。このETC2.0の特徴は、いわゆるプローブデータといわれておりますが、車の情報を収集できるようになっております。このプローブデータが現在、ビッグデータとして使えるようになってきておりまして、道路分野で生産性革命プロジェクトを進める上での1つの大きなキーワードになっておりますので、そういった内容も踏まえて、今までの経緯を振り返りたいと思います。



備されてきたということです。



形で情報提供につながっております。

ITS、具体的に何があるかといいますと、これも少し古くなりますが、カーナビが 90 年代に普及し始めまして、VICSによる道路情報の提供、ETCによる料金徴収という取り組みがありました。

実は、こういった個別のITSのパーツですけれども、それぞれの分野で国総研が非常にかかわって研究開発をしてきた経緯がございます。後ほど簡単に触れたいと思いますが、これらの技術を

最初、カーナビのお話をしましたが、カーナビをサービスするためには、基盤となるデジタル情報化された地図が必要でして、実はデジタル道路地図を最初の段階で国総研、当時は土木研究所でしたが、民間の地図メーカーとか、カーナビ等の電機メーカー等々、共同で開発してきた経緯がございます。現在、DRMということですがサービス提供を行っておりますけれども、まず道路地図情報の基本となりますデジタル道路地図が整

それから、道路交通情報の提供ということで、カーナビをおもちの方は、この上に渋滞情報等が表示されているのをごらんになったことがあると思います。そういった情報を今、VICSという形で提供しておりますけれども、これは1996年から関係する省庁が連携して行ったサービスですが、これは開発に当たりまして、国総研、土研が民間と協力して、共同研究によって情報システムを開発してきて、それが電波ビーコンという



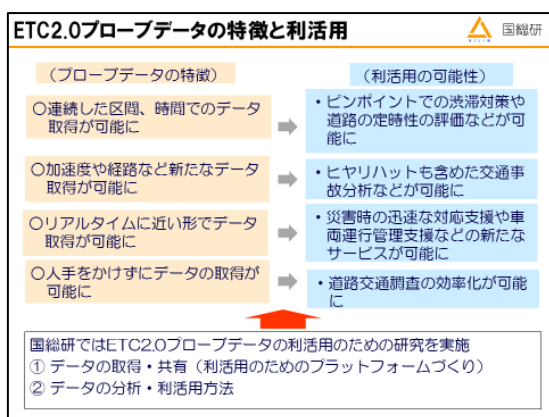
ETCにつきましても、当時の道路公団等と一緒に共同開発してきた経緯がございます。これは、ご存じのように有料道路の料金所をノンストップで通過できる。料金を自動収受できるということですが、現在9割ぐらゐがETCを利用していただいております、それによって従来、渋滞の3割ぐらゐを占めておりました高速道路の料金所渋滞がおおむね解消してございます。



実は、今いいましたVICSやETCの機能を統合した形で、現在、ETC2.0 といっておりますけれども、新しいタイプの車載器を開発しました。これもまさに官民共同研究で、自動車メーカーや電機メーカーと共同で開発してきた経緯がございます。ETC2.0 は、車と道路側で路側機のアンテナがありますけれども、その間で通信をやりとりすることによりまして、1つは路側機から車にダウンリンクして情報提供するというこ

とで、電波ビーコンのVICS情報をさらに高度化するサービスを今行っております。

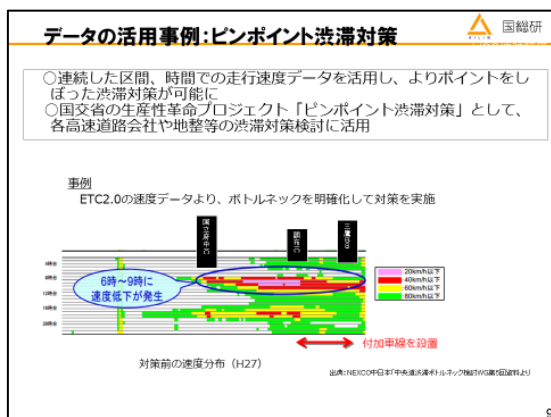
さらに、もう1つ大きな特徴が、これまで車のデータは直接取得できなかったわけですが、車にためたデータを通信で直接取得することができる。それによって、道路側で車の挙動情報、急ブレーキとか急ハンドルとかの情報もリアルタイムに近い形でとれるようになってきたというのがございまして、これがまさに今、ビッグデータということで、生産性革命の1つのキーワードになっております。



今申し上げましたETC2.0 の特徴ですけれども、これまで交通調査するとき、走行速度の調査ですと、実際に車を走らせて実測するという形だったわけですが、このETC2.0 ですと、自動的に連続した時間でデータがわかるようになる。それから、今申しましたように、加速度とか今までなかなかとれなかった急ブレーキ等の情報がとれるようになります。さらに、リアルタイムに近い形でデータがとれるということで、このデータの

使い道によっていろいろなことができるようになります。

この中に生産性革命プロジェクトにつながるものもございますが、国総研はこういった生データを利活用しやすいような形での研究開発を進めてまいりました。



は調布インターと三鷹の合流部で渋滞が発生しているということがわかりますので、実際に付加車線の設置等の対策を行った事例でございます。



われているという状況でございます。

以上です。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。ITSの歴史、今、ETC2.0に至った経過がわかっていただけたかと思います。

それでは、ここでパネリストの方に議論をしてみたいと思います。まず、今回、この順ではテーマは連携ということにキーワードを置いて、2つほど議論をしてみたいと思います。

まず、和泉さん、さっき「CALSで実現できたもの」というスライドの下から2行目、業務プロセス間の情報連携が不十分ということが書いてありますけれども、うまくいかなかった理由について教えてもらえますか。

【社会資本マネジメント研究センター長 和泉】

これは、先ほどいった調査設計から始まって、施工、維持管理という業務プロセス間の情報連携が不十分ということですが、やはりおのおののプロセスの中では、電子納品ですとかがうまくいって、電子化が進んだということがあるのですが、そのプロセスの間の電子データの受け渡しの標準化といいますか、どんなデータが下流のほうで必要で、そのためにはどんなデータを標準化というか、データモデルをつくって受け渡していったらいいかという検討が十分ではなかったのかなという感じがしております。

例えば施工から維持管理に移るところを考えてみますと、施工で最終的な業務成果は受注者が出来形管理図表というのを発注者側におさめて、それが電子化されるわけですが、その維持管理の場面になったときに、出来形管理図表が維持管理にすぐに役立つのかというと、やはり維持管理に必要な台帳データですとか点検データもそうですが、そのような形になって引き継がれていない。その間のやりとりがうまくいっていないというところに原因があったのかなと感じております。

【企画部長 上坂】

部分最適にとどまっていたということなのですかね。このあたり、どうですか。アイコンの先輩の藤井さん。

【港湾研究部長 藤井】

先輩といわれて非常に心苦しいのですが、関空の場合には、特に発注者が一元化されていて、その中で関係者が情報を共有する体制が形成されたということで、標準化や全体最適を発注者である関西国際空港ですとか、用地造成会社がコントロールすることが可能だったということが1つの特徴だったのかなと思います。ですから、標準化も関係者が一堂に会して、こういうデータのフォーマットでやりとりすると決めればそれで済むということだったので、そういう利点はあったのかなと思います。

【企画部長 上坂】

ありがとうございます。大規模工事でニーズもあったし、組織的にも情報連携がしやすかったということですね。

この続きの議論は、また今度3巡目ぐらいで、アイコンの締めの話もやろうと思いますので、そのときの課題としてとっておきたいと思います。

それでは、2つ目の連携の話に移ります。今回、いろいろITSはじめ産学官連携、官民連携の場面がいろいろなところで出てきたと思います。特に喜安さん、ITSの開発というまさに官民連携共同研究の積み重ねだったと思うのですが、ITSの研究室長をされていた喜安さんの経験から、どういう苦労があるか、難しいことがあるか、その辺をまず教えてもらえますか。

【道路交通研究部長 喜安】

私、室長をやっていたのが10年ちょっと前になりますので、大体ETCができ上がっております、まさにETC2.0をつくろうという時期でした。そういう意味では、まさにこの開発に携わっておりました。ちょっと前にVICS、ETCの開発もあったわけですが、恐らく共通しているのは、路側だけではなくて、車載器と路側機と2つ整備されて、初めてサービスが成り立つということです、当然、国交省、国だけではできませんし、一方、民間も車載器のメーカー、電気屋さん、自動車がありますけれども、そちらではできないと。

お互いが連携してサービスをしないといけないということで、当然、研究開発もお互い連携して共同研究をやったわけですが、研究だけではなくて、やはりそれを実際に展開するときには、車側と路側で同時にお互いに進めていかないといけない。そのためには官民で共同した全体構想、ロードマップ的なものを共有してやっていかないと、実際のサービスも進んでいかないと、ころがあったのかなと思います。

【企画部長 上坂】

ちゃんとした将来の落としどころのロードマップをつくって、信頼関係ももってということなのですか。

【道路交通研究部長 喜安】

そうです。最初、1996年に最初のITSの構想を関係5省庁でつくりましたが、ETC2.0のときもスマートウェイ推進会議という官民連携の会議体がありまして、ITSのセカンドステージへという構想を打ち上げまして、それをもとにETC2.0ができてきているという経緯があるかなと思っております。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。他のパネリストの方、いかがでしょうか。

【港湾研究部長 藤井】

喜安さんに質問したいのですが、官民連携で道路側とメーカー側の連携はよくわかったのですが、例えば警察など交通管理者と道路をつくる側との連携はそれぞれの問題意識があって、なかなか難しいのではないかと思います。そこら辺はどのように調整されてきたのでしょうか。

【道路交通研究部長 喜安】

おっしゃるとおり、もう1つ、省庁間での連携も非常に大きな話だと思っています。特に道路交通分野でいきますと、交通管理者として警察もごさいます。情報提供という話になりますと、道路側から車に情報提供するわけですが、警察と道路側との役割分担も要ということで、その

ための連携も進めていると。

VICSなどでいきますと、VICSユニットをおもちの方はご存じかもしれませんが、電波ビーコンが道路側ですけれども、並行して警察も光ビーコンによる情報システムをつくっておりまして、それを統合したシステムになっております。

もう1つ、当時の郵政省がFM放送での情報提供を行ってますので、VICSユニットでいきますと、3つの機能を合わせた形で1つのシステムをつくっているという経緯がございます。



2. 「生産性革命」浸透の ための取り組み

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。もうちょっと議論したいところなのですが、スケジュール上、次の2巡目に進めさせていただきたいと思います。

2巡目は、生産性革命の浸透、普及のための取り組みということで、紹介していただきたいと思います。

それでは、また和泉さんからお願いします。

i-Construction 今後の課題

普及の促進に向けて

- ・ 対象工種の拡大
- ・ 中小企業への導入支援
- ・ 地方自治体発注工事への普及促進
- ・ 基準類の現場実装による継続的改良

さらなる生産性向上を目指して

- ・ 調査設計や維持管理も含めた建設生産プロセス全般にわたる3次元化(CIMの導入推進)による情報連携

【社会資本マネジメント研究センター長 和泉】

それでは、私から普及に向けてということで、ここで i-Construction の中でも、特に ICT 施工の件について説明したいと思います。

普及の促進について、どのような今後の課題があるのかということでございますが、今、ICT 施工、土工から始まって、舗装工等に工種を拡大しておりますが、この辺の工種をさらに拡大していく。

それと同時に、やはり中小企業への ICT の導入、さらに今、直轄がかなり率先的に工事を進めているわけですが、地方自治体発注工事への普及、促進ということも進めていかなければならないだろうと。それで初めて全体の建設業の普及ということがなっていくのかなということでございます。

そのためには、基準類の現場実装ということによっていろいろな改良点が出てきますので、そういうものを継続的に見直していくということが課題かと思っております。

さらに、今後、もっと生産性を向上していくためにはということで、建設プロセス全体で3次元化 CIM の促進ということが必要になると思いますけれども、これはまた次の回に回させていただければと思っております。

ICT活用工事 対象工種の拡大

- ・2017年度は土工から舗装、浚渫にICT導入拡大
- ・2019年度までに橋梁、トンネル、ダム、維持管理分野へもICT導入拡大



工種ごとの直轄工事数

工種	2016年度		2017年度(10月時点)	
	公告工事	ICT実施工事	公告工事	ICT実施工事
ICT土工	1,625	584	965	559
ICT舗装	—	—	55	9
ICT浚渫	—	—	28	22

10

まず、I C T活用工事の工種の拡大という話をしましたが、現在どうなっているかというところでございますが、2016 年度から本格的に始まりまして、I C T土工を先行的に進めております。ここに書いてあるのは実際の実施した工事数でございますが、直轄工事では、2016 年度は584 工事進めておりまして、さらに今年度、2017 年度は10月時点でございますが、昨年度と同じぐらいの559 工事まで進めているということで、工事自体

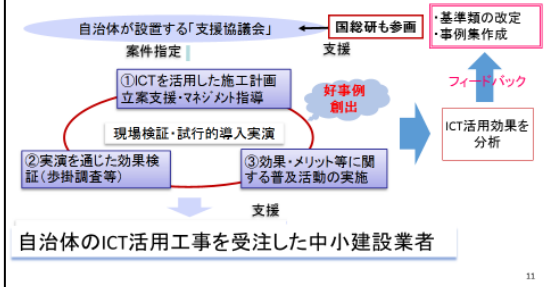
もふえております。

さらに、工種のほうでございますが、先ほどいった舗装工、さらに浚渫工についても、2017 年度から始まりましたが、まだ数は少ないものの、現在、幾つかの工事が行われているということでございます。

さらに、2019 年度までには、工種の拡大ということで、橋梁、トンネル、ダム、維持管理というところへも I C T施工を導入していきたいと考えているところであります。

自治体をフィールドとしたモデル事業

- 【支援内容】・ICT活用を前提とした工程計画立案
・ICT運用時のマネジメントによる効果検証
・普及活動



11

もう1つ、なかなか小規模な工事、地方自治体、あるいは中小企業、施工者で進まないということについて、現在、どのようなことを対応としてやっているかということで、自治体をフィールドとしたモデル事業を今年度から国交省全体で進めているところでございます。

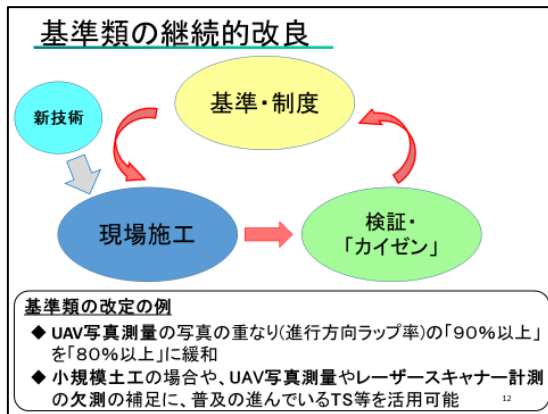
何をするかといいますと、自治体が支援協議会を設けて、その中には国総研もアドバイザーという形で入って、要するに I C Tにおけるいろいろ

なマネジメントとか効果をアドバイスしていくということでございます。

なぜ自治体等で進まないかといいますと、やはり自治体工事、小規模なものが多いので、I C T施工して本当にメリットがあるのかという疑問点、あるいは I C Tを使うからには、お金、コストがかかるのではないのかという不安感、I C T、新しいことに取り組みますので、またいろいろな要領とか勉強してやらないとならないから、非常に手間暇、準備がかかるということが非常にハードルになって、進んでいかないというのがある。それに対して、今ほど説明したこういう支援協議会の中にいろいろな経験をしている国総研も参加して、アドバイスをしているということでございます。

モデル事業でやられたことを好事例として、あるいは改善点があれば当然、その結果を分析して、改善点を基準類とかにフィードバックしていくということも国総研としてしっかりしていきたいと考えているところでございます。

現在、自治体の活用した工事、徐々にございますが、昨年に比べて今年もふえてきているという状況でございます。



さらに、普及に向けての課題で、やはり基準類を継続的に改良していく必要があるということです。始まったのがまだここ2年ということですので、当然、つくった基準、万能なものはありません。それを実際に施工現場で試行し、施工してみて、改善点があったらすぐに見つけ出し、きめ細かに改正に結びつけていくということでございます。

実際、土工のほうでは昨年度始まった時点で15の基準類が策定、公表されていたのですが、昨年度1年間やってみて、改善するというので、15のうちの7基準を1年後に改正しているという対応も行っております。

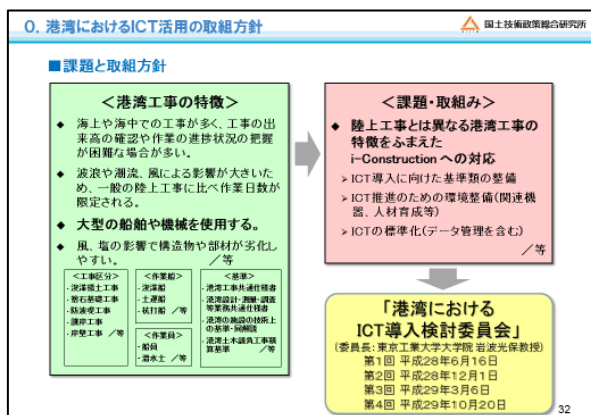
その基準改定の例といたしまして、1つの代表例でございますが、UAV測量写真、重なることによって測量写真を撮って、3次元情報を取得するわけでございますが、その重なり率を90から80%に緩和すると。これで約2分の1写真の量が減ります。そのような効率化をしていくということに取り組んでいるということでございます。

以上でございます。

【企画部長 上坂】

自治体の設置する支援協議会、もちろん地方整備局が支援すると思うのですが、そこに国総研も参画して、そういう活動を通じて基準類も改良を進めているという話だったと思います。

それでは、藤井さん、お願いします。

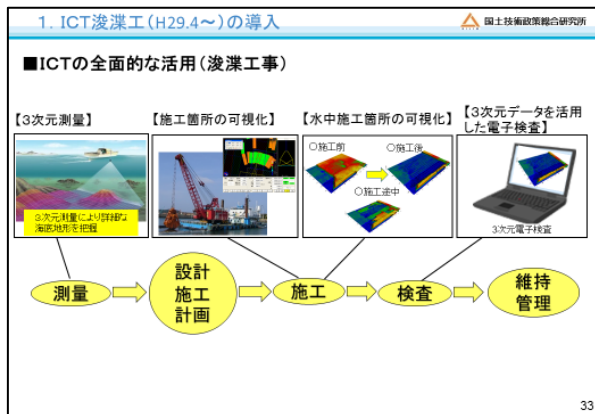


【港湾研究部長 藤井】

先ほどは関空の例をご説明しましたが、今、和泉さんもおっしゃったように、個別の工事に目を向けますと、例えば工事に参画する事業所及び建設会社が大きくないというところもありますし、発注者も多種多様になるということもありますので、そういう中で港湾の分野でも先ほど申し上げた港湾工事の特徴を踏まえて、港湾ではどのようにICT

Tを導入していったらいいかという検討を今進めているところです。その中で国総研のメンバーとして参画しているとともに、技術基準類、それから積算基準類などの整備、それから人材育成、デ

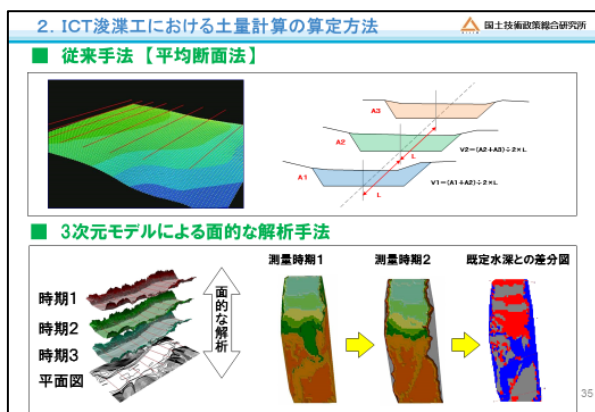
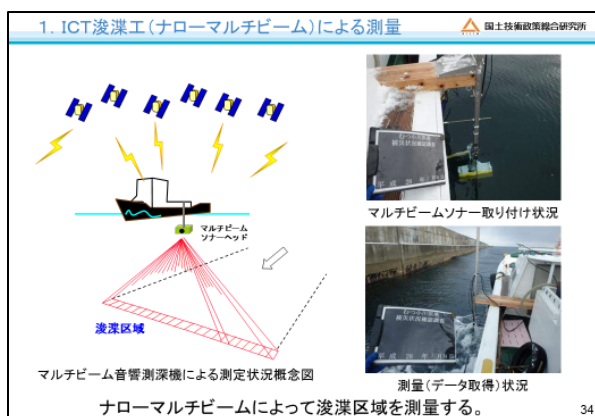
ータをどうやって保管していくのか、保存していくのかといったことをテーマに検討を進めているところでございます。



港湾分野でのフロントランナーとしては、先ほど和泉さんからご紹介していただきましたけれども、浚渫工事でございます。

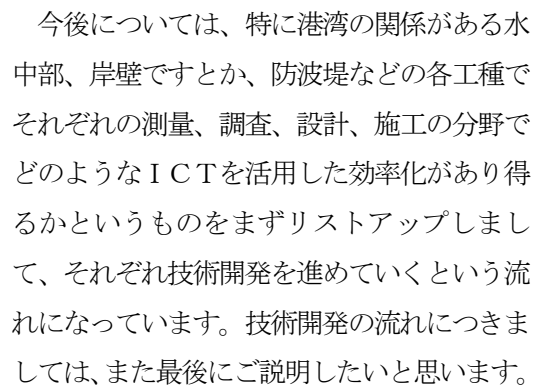
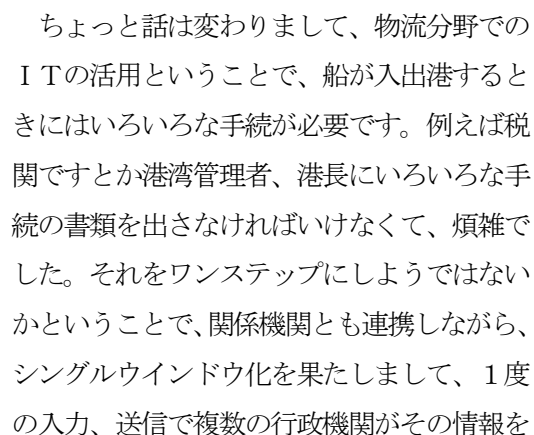
3次元で測量し、必要な施工量を決めた上で施工し、施工途中、施工後と3次元測量のデータをみながら、例えば掘り残しのないように、それから浚渫した後は海図を補正しまして、皆さんに使ってもらわなければいけないので、そういうデータを例えば海上保安庁

に渡すなどの連携をとっているところであります。



先ほど関空で申し上げたとおり、面的に測量できるような機械を使って測量し、従来は線で測深していたものを面で把握するというのが現在の流れです。

国土技術政策総合研究所

 國土技術政策綜合研究所

このシングルウィンドウ化の仕組みを構築するに当たっても、国総研が参画して進めているところでもあります。

国土技術政策総合研究所





3. 書類簡素化の取り組み(ヒアリング内容)

■事務所ヒアリング等の結果

ヒアリング対象: 各地方整備局 港湾事務所

- どこの整備局においても書類の保存スペースは厳しい状況である。
- 工事帳票管理システムの利用率は9割以上である。
- 紙と電子の二重納品防止を徹底することで書類は大幅に削減される。
(20冊 ⇒ 1冊に減少)
- 電子検査の実施状況は整備局によって大きく異なる。

44

3. 書類簡素化の取り組み(提案内容)

■さらなる書類簡素化に向けた提案事項

紙と電子の二重納品の防止

- 工事帳票管理システムで提出される書類は紙提出させない。
- 発注者は電子検査を推奨する等、書類は電子で確認する。

工事帳票管理システムの改善

- 工事帳票管理システムの帳票データを継続的に保存する、もしくは類似のデータを保存することで、書類の検索性が向上する。
- 電子納品は利用率の高い工事帳票管理システムを通して電子納品データを登録するように改善すれば、必要な情報を確実に蓄積できる。

45

現在も工事帳票管理システムの改善や運用方法の改善のための提案などにも取り組んでいるということでもあります。

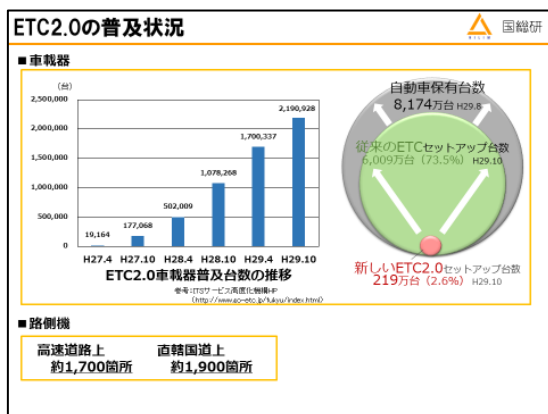
港湾分野で3つの取り組みについてご説明させていただきました。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。港湾の分野でいろいろな分野に広げて、やれることをいろいろ

やられているという感じかなと思いました。

それでは、喜安さん、先ほどから出ているETC2.0の普及の取り組みについてお願いします。



【道路交通研究部長 喜安】

先ほどETC2.0のデータ、ビッグデータということで申し上げましたけれども、数自体は順調にふえてきておりまして、今、200万台を超えるぐらいになっております。

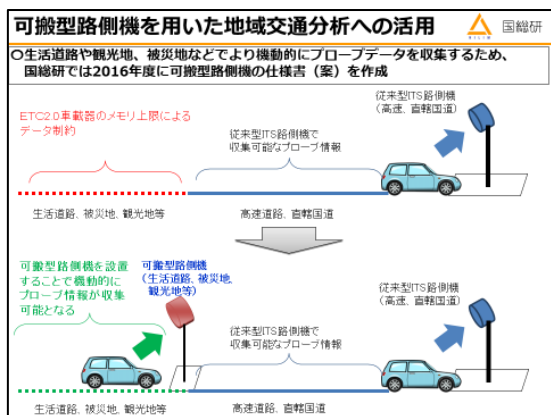
ただ、自動車保有台数が8,000万台ありますので、パーセントでいくと2.6%ということで、まだこれからふえる余地がありますし、またふえていく必要もあるのかなと思っております。

あと、もう1つ、路側機ですけれども、今、高速道路と直轄国道上に置いております。車載器自体は、ある程度自分がとってきたデータを蓄積できますので、データ自体は直轄国道とか高速道路に限らないで、県道とか市町村道のデータもとれるようになっているわけですが、やはりどちらかというと今、幹線道路中心のデータになっているというところがございます。

あともう1つ、今、2.6%ということで申し上げましたけれども、地方別でみると偏りがございま

す。東京とか大阪、愛知といった大都市圏ではかなり普及が進んできていますが、相対的に地方部ではまだETC2.0の普及が進んでいないという状況がございまして、したがって地域によってデータの使いやすさに差も出てきているのかなという状況もございまして。

もう1つ、基本的な話になりますけれども、データそのものが車のドライバーから直接プローブデータをいただく形になっておりますが、やはり個人情報の配慮もあって、オープンデータにはなっていないという状況もございまして。



それに対して今の取り組みということで、2つほどご紹介させていただきたいと思います。1つは道路がとれるデータが直轄とか、高速道路のほうに少し偏ってきているという状況があります。ETCの車載器のメモリーの蓄積の容量の問題もあるわけですが、当面、路側機自体をもう少しコンパクトにして、持ち運べるような路側機にできないかと。そうすると、自分のとりたいところに行ってデータがとれるということがで

きますので、そういった路側機の仕様書をつくっておりまして、各整備局でこういった路側機を仕様書に基づいて調達していただくことを考えております。

これができますと、例えばどこかの観光地でこういった路側機を置くことによって、うちの観光地はどこの場所からどれぐらい来ているのだろうといったデータがとれるようになりますので、そういった分析もできますし、この次にご説明しますが、生活道路で交通事故の分析をしたりというときにも、そのエリアのところにもっていくと、もう少し細かいデータをとれるようになるのかなと考えています。



それから、市町村の連携ということで、今の生活道路の話になります。交通事故分析ができるという話をしましたけれども、生活道路ですと管理者が市町村中心になります。直轄の整備局では、今、ETCデータの利活用が大分進んできておりますけれども、やはり市町村レベルでまだなかなかそこまでいっていないということもございまして。

特に生活道路の交通安全対策につきましては、今、枠組みとして市町村だけではなくて、都道府県、それから直轄の整備局等も連携する形で、ETC2.0のデータを使って、実際の交通事故の分析をしようという取り組みを進めております。もともと国総研がこちらのシステム、事故分析の手法等にもかかわっている経緯がございまして。

国総研としてもいろいろな技術支援をしながら、こういった取り組みを今進めているという状況でございます。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。データの足りないところを補足する取り組みですとか、市町村を支援する取り組みをされているということですね。

それでは、ディスカッションに入りたいと思います。和泉さんも私もこの7月まで県に出向していたということです。今、i-Construction というのは非常に話題になっております。実は、我々も新採職員のリクルート活動にアイコンというのは非常に強力な武器です。そういう意味では、積極的にやっていこうということで、県庁の中でも旗を振っていたわけなのですけれども、ただ、小さい工事が多いときは難しいと。

私の場合は、災害時にドローンで写真を撮ったり、写真で撮って災害査定に使おうとか、使えるところからやっていこうという話をしていたのですけれども、和泉さん、この辺はどうですか。どういう進め方をやっていけばいいのでしょうか。県庁で広めるというためには。

【社会資本マネジメント研究センター長 和泉】

先ほど自治体をフィールドとしたモデル事業を説明いたしましたけれども、ドローンを飛ばすという話もありましたが、やれるところからまずやっていくということが非常に重要なのかなと感じております。

私も県にいたときには、実際にICT土工の工事、それほど規模は大きくない工事でしたけれども、3件ほど取り組んでみましたところ、受注者希望型、受注者がそれを受けてICTをやるかどうかを判断するわけでございますが、3件とも受注者が、では、やろうということで、ICTを活用した工事が始まったところなのです。

現在、直轄のほうはかなり率先的にやっていただいて、さらに普及啓発という意味では、研修会等を通じて地域のほうにも今後、生産性向上のためにはICT向上、職場環境の向上のためにもICT活用が必要だということが、かなり意識は地方の自治体、あるいは受注する中小企業にも浸透してきているのかなと。ですから、何かきっかけがあればやろうという形になってくるのかなという感じがしております。

我々国総研は、その実施した結果を分析して、さらにやりやすいように基準類を改正していくというきめ細かな対応をしっかりとやっていく必要があるのかなと感じているところです。

以上です。

【企画部長 上坂】

ありがとうございます。藤井さん、どうですか。

【港湾研究部長 藤井】

まず、先ほど書類の簡素化の話もしましたが、3Dだとか格好いいものもいいのですが、やはり中小の事業者、それから中小の発注者も考えて、いろいろな面での取り組みが必要かなと思います。

もちろん国総研の仕事としては、ここに書いてございます基準類の策定ですとか事例の策定は重要でしょうし、今の i-Construction という、非常に効率化の面で捉えられがちなのですが、先ほど港湾工事の難しさの中で、水中工事であるということで、水中工事を潜水士の方がやっているということなので、重要なポイントとしては、ICT技術を使って安全を向上させる、もしくは生産性を高める技術を使って、安全性を向上するということが必要かなと思っています。

1つの事例で、今回ご説明しませんが、例えばプレキャストコンクリートを使って、できるだけ陸上施工をし、水中施工の分を減らすというのも1つの方向でしょうし、やはりいろいろな面で考えていくということが普及のためには必要かなと考えます。



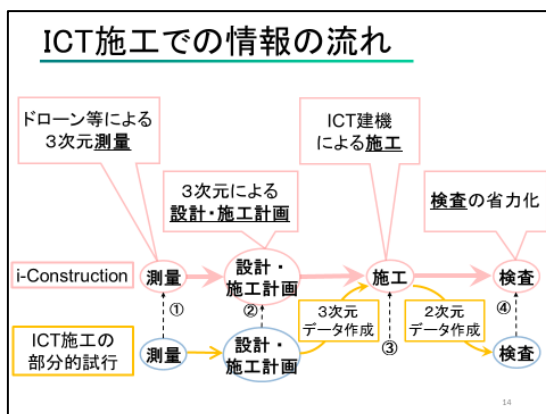
3. 「生産性革命」加速のための研究展開

【企画部長 上坂】

ありがとうございます。裾野を広げるためには、先ほど書類の簡素化等もありましたけれども、誰もが共通にできるようなことを広めていくということもあるでしょうし、やはり生産性といっていますが、安全性という観点からも効果のあることをやっていくということだったかと思います。

それでは、3巡目に移っていききたいと思います。最後の3巡目ですが、今、2巡目は現在ある技術の普及ということでしたが、3巡目は技術を加速させていくための研究展開ということで議論を進めていきたいと思っています。

これも和泉さんからお願いします。



【社会資本マネジメント研究センター長 和泉】

それでは、私から先ほどICT活用施工のお話をしましたが、やはり施工現場は3次元ですので、当然ICT施工するとなったら3次元データが必要になるわけですが、現在、データの流れをみてみますと、実際のところ、測量から始めて、設計の段階では2次元データを用いていると。それをICT施工の段階で3次元データに変換して、また検査のときには2次元に戻してい

るという実態も多くあります。

これを3次元データで一気通貫にもっていくというところが非常に効率化・生産性向上につながるのかなと考えているところでございます。

CIMとは

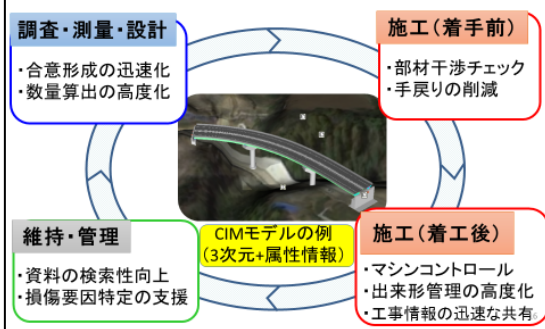
Construction Information Modeling / Management

計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展させて、一連の建設生産システムを効率化・高度化

そこで出てくるのは、先ほどもちらっといいましたけれども、CIMという概念でございます。既に試行事業はスタートしておりますけれども、ここに書いてあるように、コンストラクション・インフォメーション・モデリングとマネジメント、単にモデリングだけではなくて、仕事全体のマネジメントも含めた概念でして、ここにあるとおり、計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入して、その後の施工維持管理の各段階におい

ても、このモデルを連携、発展させて、一連の建設・生産システムを効率化、高度化するというものでございます。

CIMによる3次元モデルの効果



このCIM、どのような効果があるのかを簡単に模式的に示したものでございますが、情報の流通を調査、設計、施工、維持管理の間でも回していくわけでございますが、その共通の情報基盤となるのがCIMモデルというものでございます。CIMモデルというのは、3次元モデルですけれども、単に3次元の形状モデルだけではなくて、おのおの属性情報、いわゆるいろいろな部材の強度ですとか、要するにデータをもったデータ

ベースと形状モデルを合体させたものと考えていただければと思っております。そういうものがおのおのこのような形で進化しながら、いいものができていくだろうということでございます。

例えば効果ですけれども、3次元モデルですので、要するに見える化に非常に役に立つと。まだこういうものができていなくても、仮想の現場ができることによって、例えば合意形成の迅速化ができるのではないかと、あるいは設計段階で非常に複雑な鉄筋の設計等をやったときに、鉄筋等の干渉チェックを施工前に行うことによって、施工での手戻りを削減できるのではないかと、あと実際に施工するときには、先ほどいったマシンコントロール、3次元情報が当然必要になりますので、そういうものですとか、さらには維持管理に行ったときにも進化したデータを引き継いで、さまざまな維持管理上の資料の検索性の向上に結びついていくのではないかと考えているものでございます。

CIMの導入・普及に向けての課題

1. 現状では工事契約図書は2次元図面が必要。積算のための数量算出も2次元
2. フロントローディングの実現に向けた検討が必要
3. 維持管理では膨大な既設構造物も管理対象とするため、既設構造物の3次元化が必要

導入、普及に向けての課題としてどういうことがあるのかということですが、現在、当然工事をするときには契約するわけですが、契約図書というのは2次元図面がベースになっています。さらに、積算の数量算出も2次元ということで、せっかく3次元モデルをつくっても、2次元でやっているようではなかなか進まないだろうという問題があります。

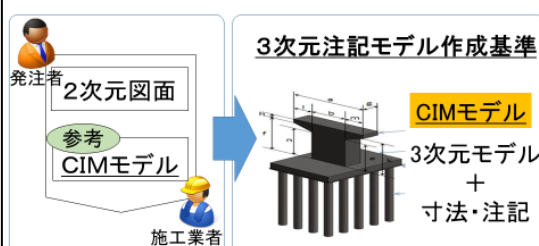
さらに、フロントローディングの実現に向けて検討と書いてございますが、これはCIMのためにフロントローディングというわけではございませんで、全体の仕事をする上でやはりフロントローディングという考え方が非常にこれから重要だろうと。それを進めるために、CIMというのが非常に役に立つツールになるだろうということです。

施工、維持管理で考えられる問題点を上流の設計段階に生かすことによって、最初に負荷をかけて全体最適化をはかると。あるいは、フロントローディングとコンカレントエンジニアリングといわれておりますけれども、ともに共同作業をすることによって全体最適を図る、生産性の向上に結びつくという概念。そのために、具体のどんなことをしていったらいいかという検討がこれから必要ではないかということ。

あと先ほどモデルを調査、設計段階から回すということをいいましたが、既に膨大な数の既設構造物がありますので、維持管理で本当に役立つものにするには、やはり既設の構造物の3次元化というものをきっちりとしていく手法を考えなければならないだろうという話です。

課題への対応①-1

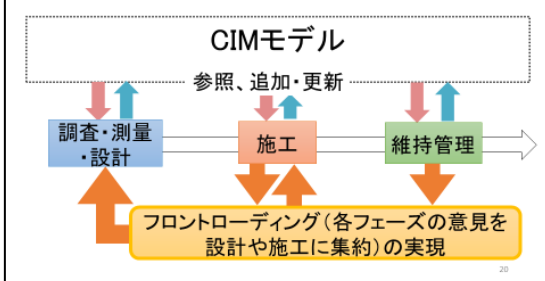
3次元化に対応した契約図書



まず、課題の1つ、先ほど契約図書が2次元化しているということで、3次元で契約できるような3次元注記モデル作成基準というものをきちんと整備して、要するに電子データになりますけれども、これで契約ができるという形にしていくことがまず必要だろうということで、このような作成基準も現在検討しているところであります。

課題への対応②-1

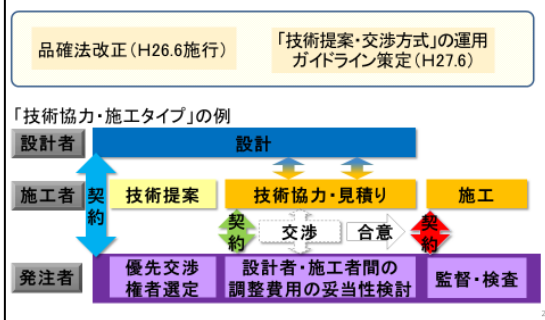
フロントローディングの実現



それと、先ほどフロントローディングの話をいたしましたけれども、こういうフロントローディングをするには、CIMのモデルが非常に有効ですが、それだけではなくて、今、入札契約形態が調査、設計、施工を分離して行うということが一般的ですので、なかなか回す、あるいは一体的に仕事をするというのが難しいと。

課題への対応②-2

入札契約面でのフロントローディング実践(1)

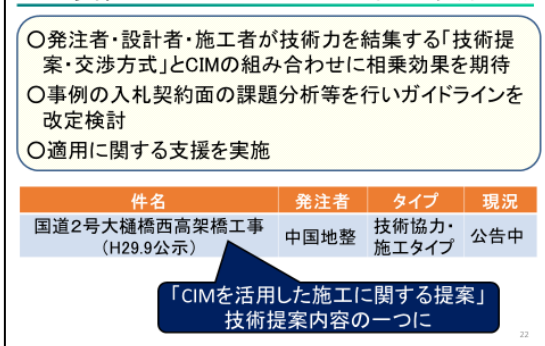


そこで、入札契約面でもフロントローディングを実践するために、技術提案・交渉方式というものを取り入れていったらどうかということで、ガイドラインの策定が2年ほど前にされておりますけれども、こういう設計者、施工者、発注者がいますが、設計者と施工者が設計の段階から技術協力を行いながら、最終的にやっていくというフロントローディング、コンカレントエンジニアリングの考え方を実現するための発注方式の検討、

実践、さらに改善を進めていくということでございます。

課題への対応②-3

入札契約面でのフロントローディング実践(2)



実際にCIMとの組み合わせでフロントローディングの相乗効果が期待できるわけですが、現在、技術提案・交渉方式は直轄でまだ4事例ぐらいしかございません。これ、1つの事例ですけれども、国道の高架橋の工事で、現在公告されているものですが、その中でCIMを活用した施工に関する提案ということを技術提案の1つにして、現在進めていると。結果をさらにまたガイドラインの改正等に反映させて、よりよい契

約方式に進めていきたいということがございます。

課題への対応③

既存構造物の3次元化

例) 60%～80%程度相互にラップして撮影した多数のデジタル写真を合成し立体モデルを作成する方法



構造物を多方向から撮影したデジタル写真

23

それともう1つが、既存の構造物の3次元化。簡略にコストをかけずに、何とか3次元モデルができないかということで、現在、技術開発を進めている1つの事例ですけれども、UAV等に積んだカメラから写真を撮って、それをラップさせることによって簡略になりますが、こういう3次元モデルができないかという検討を進めているということでございます。

国総研の役割(CIM導入普及に向けて)

1. CIM運用、データ交換のための仕様、基準の策定
(業界団体、情報処理業界と連携。地整ニーズの吸い上げ。学識経験者からのアドバイス)
2. 維持管理のニーズにあったCIMの活用方策の検討
3. 現場実装、現場技術力の向上を支援
・ 試行を通じて、現場が直面する課題やニーズを的確に把握し、指導・助言を行う

24

最終的に、国総研がその中でどんな役割をしているかということでありますけれども、こういう基準類の策定は、CIMが始まったばかりですので、まだまだつくっていかなければいけない基準等がありますが、その辺の策定をしっかりとしていくと。維持管理に合った使い方、あるいは現場の指導、助言をしっかりとしていければと思っているところでございます。

以上です。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。CIMの現状について詳細に説明をしていただきました。

それでは、ちょっと順番を変えて、喜安さん、お願いします。

ETC2.0データのさらなる活用



○事業者等の申請により車載器IDを用いて車両を特定して抽出した経路情報等を活用し、様々なサービスを提供。

<特定プローブ情報の活用(イメージ)>

大型車両の通行適正化



車両運行管理支援サービス



14

【道路交通研究部長 喜安】

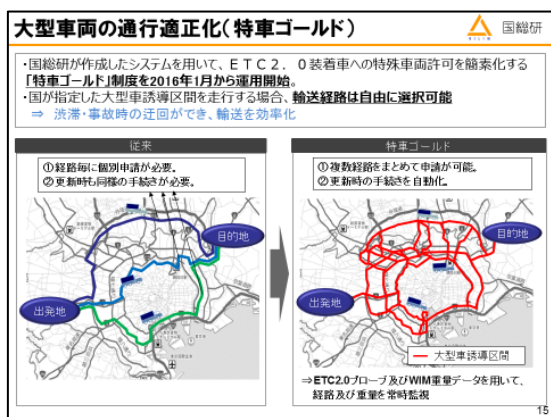
では、ETC2.0のデータのさらなる活用についてです。先ほど普及状況のお話をしましたけれども、やはり車載器がふえないとデータもふえないわけですが、ETC2.0を買った方には直接的なメリットが出て、かつそれが全体の最適にもつながるようなテーマということで、今取り組んでいるシステムの研究の例を幾つか紹介したいと思います。

2つほどご紹介したいと思います。1つが大型車両の通行適正化ということですが、これはいわゆる特殊車両管理です。今、道路構造の保全という観点から、特に重い車とか、幅を少し超えるような車については、経路を指定して、許可を出さないとそこを通れませんということにな

っておりますが、その経路申請の簡素化をやってございます。

もう1つ、車両運行管理支援サービスですが、例えば物流事業者等が自分の会社のトラックが今どの辺を走って、何時何分ぐらいに物流拠点に着きそうかといったことがわからないかというサービスの研究を行っております。

これは、いずれも先ほどプローブ情報で速度とかの話をしましたけれども、位置情報をしっかり把握することが必要です。特にこちらの車両運行管理支援サービスになりますと、位置情報に加えて、それをリアルタイムでわからないとサービスにならない。今までのデータ分析の話は、事後にデータを集めて分析すればそれで足りたわけですが、こちらのシステムになりますと、逐次リアルタイムでわからないといけないということです。もう1つ、両方共通ですが、プローブデータが誰の車かというのを特定しないとわからないということで、特定プローブという言い方をしています。個人の特定情報を車載器のIDとひもづけた形でデータをやりとりして、位置状況を知らせてもらうといったことが必要になります。



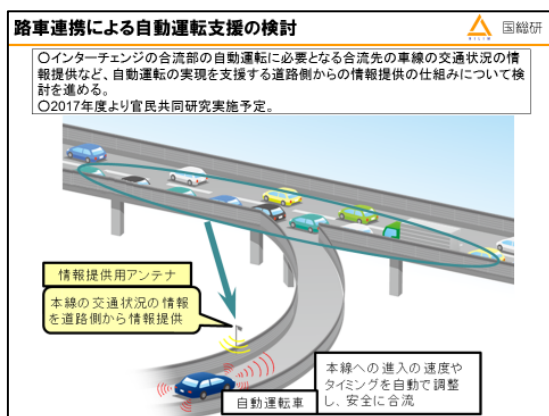
最初にお話しした特車ゴールドという具体的な制度名がついておりますけれども、先ほど申しましたように、特殊車両の申請に際しまして、ETC2.0を装着した車につきましては、その許可手続を簡素化するという。あと経路がわかりますので、条件としてはETC2.0でどこの場所を通ったかというのをちゃんと道路管理者で把握しますよと。今までは申請しても、実際どこを走っているかというのがよくわからなかったわけ

ですけれども、ETC2.0車ですと、どこを通ったかが道路管理者でわかりますので、そこでしっかり道路管理者としても監視します。

そのかわり、指定した経路であれば、ある程度自由度をもって、この辺で事故があったら迂回をしてもいいですし、手続そのものも電子化して自動化することによって、お互いウイン・ウインの関係で、車の利用者と道路管理者がお互いにサービスを向上させることができるというシステムかと考えております。



う話をしましたが、会社からみれば、自分の会社の運転手さんがどういう運転をしているかといったこともわかりますので、危ないところに対しては、注意をするといったこともできるという内容でございます。



なかなかみえづらい部分もあるということで、そのみえない部分の情報から車側に知らせることができないかという内容を考えてございます。そういう分野についても今、官民共同研究をやろうとしております。

これは1つの例ですけれども、例えば自動車がこちらの本線の高速道路、インターチェンジに合流しようとしたときに、少し手前の段階で今、こちらの渋滞状況とかがどうなっているかといった情報を車に知らせることによって、円滑な自動運転にもつながるのかなということで考えてございます。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。ETC2.0を使って、特車の規制緩和ですとか、民間事業者にデータを提供して運行管理に使う、あるいは自動運転での官民連携というお話でした。

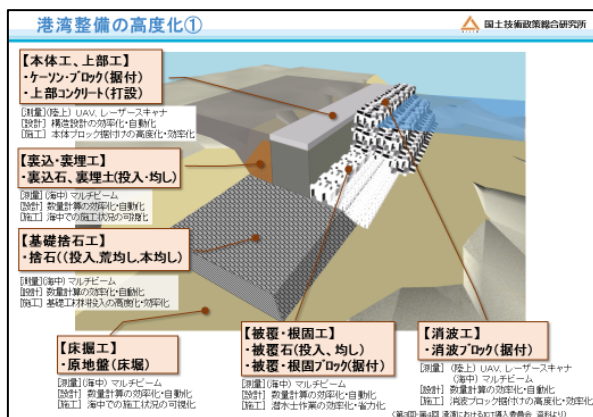
それでは、藤井さん、お願いいたします。

もう1つは、車両運行管理支援サービスですけれども、実際に民間の方、事業者と協力して、今、社会実験をやっている最中です。先ほどお話ししましたように、物流業者、自分の会社の車がどこを走っているかということを、あらかじめ道路管理者と特定の事業者と契約を結びまして、そのデータを送って、それを活用していただくというサービスでございます。

もう1つ、先ほど急ブレーキとかがわかるという

最後にもう1つ、最近よく話題になっています自動運転ということですが、これも今、官民共同研究でやろうとしている内容でございます。今の自動運転技術、メーカー側で技術が進んでおります。基本的には車自律型といっていますが、車が積んでいるセンサーで周りの障害物とか人を検知して、危ないときには自分でブレーキを踏むという内容が1つの例です。

ただ、車だけでは道路の少し先のほうの情報が



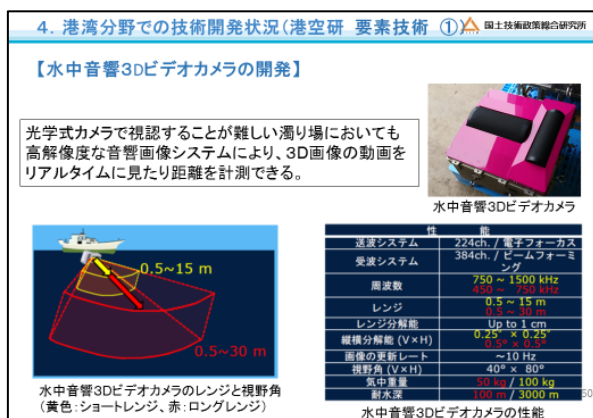
【港湾研究部長 藤井】

それでは、港湾分野については、3つのテーマで今後の研究展開についてご説明を申し上げます。

1つは、ハード系のもの、港湾CIMの高度化に資するもので、先ほどいろいろな港湾に関する工事の工種に関して、いろいろなボトルネックがあるので、そういうものについてハード面でどういう研究を進めるかという

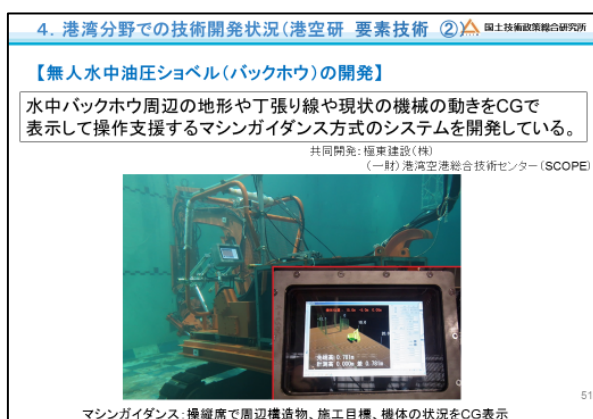
ことです。

港湾分野の技術開発について港湾空港技術研究所で行われている事例について簡単にご紹介します。



1つは、水中なので、濁った水中で視界がないところで、リアルタイムにどうなっているのかをわかるような仕組みということで、水中音響3Dビデオカメラというものの開発がされています。これは、光のかわりに音波を使って、水中にどういうものがあるかということを実タイムで把握する仕組みということでありまして、これを使って船舶に積んだり、建機に積んだりして、作業員を支援

するという仕組みであります。



2つ目に、水中作業は非常に大変だということで、無人の水中油圧ショベル等の開発も行われています。現在は、オペレーターが操作してやるものもごさいますし、将来的には陸上から先ほどの水中音響ビデオカメラも併用しながら、工事を遠隔操作で進めていくということも行われています。

4. 港湾分野での技術開発状況(港空研 要素技術 ③) 国土技術政策総合研究所

【栈橋上部工点検用ROVの開発】

GPSの信号が届かない栈橋下でも、周囲の走査で検出した杭位置とROVの持つ杭配置の地図情報との照合による測位機能ならびに障害物回避を支援する操作支援機能により、位置情報が対応付け可能な画像データを取得できる。



栈橋係船岸の床版下面の点検用ROV

52

を取得できるような仕組みを開発しています。

4. 港湾分野での技術開発状況(港空研 要素技術 ④) 国土技術政策総合研究所

【マルチコプター(UAV)の活用】

港湾施設及び海岸保全施設の点検に活用する可能性について検討している。施設や部材に発生した段差やずれ、ひび割れの有無などは画像から直接確認できる。



マルチコプター(UAV)を活用した港湾施設の点検技術の確立

53

それから、維持管理の面では、栈橋の例ですけれども、栈橋の上部工と水面の間、このように非常に狭い場所がございまして、今までは潜水士がチェックしたり、船を使ってチェックするなど困難がありました。あるし、それから利用中の岸壁ですので、利用されていない時間帯を選ぶ必要があると。そういうことで、ボトルネックを解消するために、ROVを使いまして自動、半自動で画像データ

さらに、陸上によく使われているUAVを使って、例えば消波ブロック、上部工などの健全度、消波ブロックであれば崩れていないかどうか、上部工であればひび割れだとか段差があるかどうかということについて、面的にスピーディーに点検を行うような技術開発が行われています。

2. AIS情報の活用 国土技術政策総合研究所

○300総トンを超える船舶は国際海事機関(IMO)の条約により、AIS(Automatic Identification System)設備を備え、信号を発信する義務がある。
○AIS信号には、動的・静的情報、航行関連情報が含まれ、自動的に送受信。

動的情報	静的情報	航行関連情報
- 位置情報 - UTC(世界標準時) - 対地針路 - 対地速度 - 船首方位 - 航行状況 - ROT(回頭率)	- IMO番号 - 呼出符号と船名 - 船の長さと幅 - 船の種類 - 測位アンテナの位置	- 船の喫水 - 危険貨物(種類) - 目的地 - 到着予定時刻 - 航行の安全に関する情報

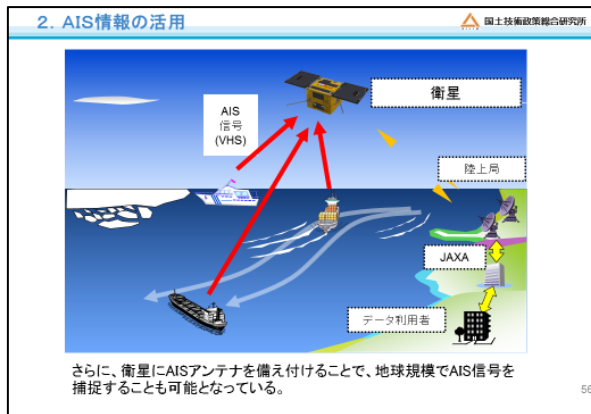


陸上施設

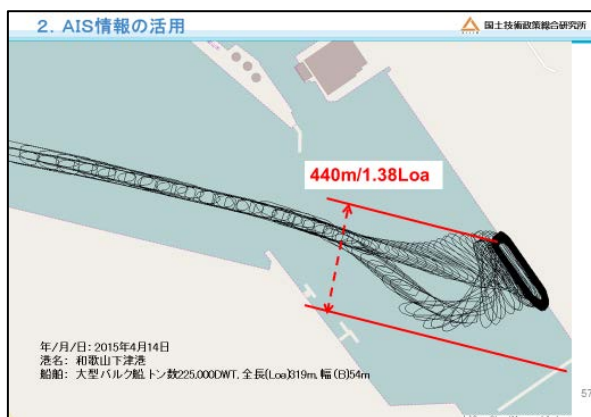
55

あります。

2つ目に、今度はAIS情報の利用、活用ということで、今度は違う話でございます。300 トンを超える船というのは、国際条約によってAIS設備を備える必要があります。AISというのは、船の位置ですとか自分の名前、向かっている方向、それからどんな貨物を積んでいるとか、喫水などの情報を自動的に、定期的に発信しまして、それを陸上なりで受信して、管理するという仕組みで



陸上の許可が届かないような場所では、衛星にAISのアンテナを搭載して、その情報を取得することも可能となります。



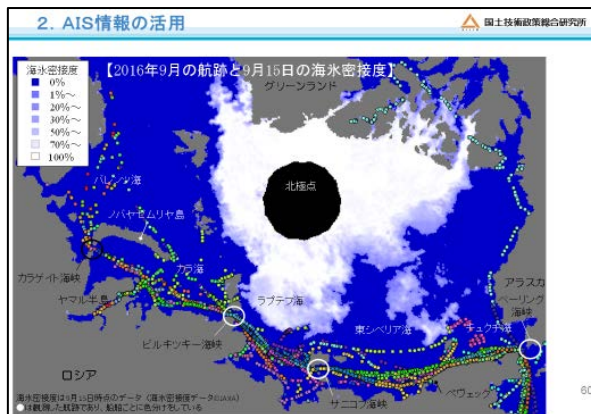
それで、このような情報を使いますと、先ほどのETC2.0のプローブ情報とよく似ているのですが、これは和歌山の下津港で大型のバルク船がどのように岸壁に着いているか、どのように岸壁から離散しているかというものを、数的データをもって分析することが可能となりまして、必要な航路の幅ですとか泊地などの計画に利用することができます。



これはクルーズ船の例ですが、クルーズ船がどんどん大型化していくものですから、安全なクルーズ船の運航のために、このようなデータも使って、綿密に分析するような研究を私どもは行っております。



ーマだと思っております。



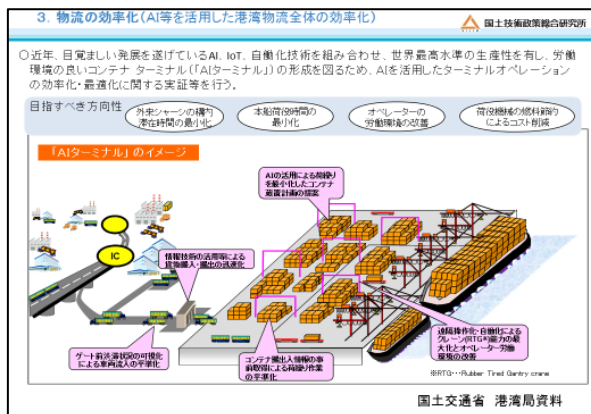
う検討も行っているところでございます。



さらに、先ほど衛星の話を上申しましたが、衛星でAIS情報を取得することにより取得した、2017年の2週間の北部太平洋のコンテナ船の航行状況であります。このようにどこの場所にどの船がいるかということ把握することによって、物流上の課題ですとか港湾の整備、計画に活用することが可能かと思っております、このようなビッグデータの分析というのも今後の重要な研究テ

これは、今、話題になっております北極海航路でございます。温暖化の影響にもよるのか、北極海で夏季には氷が解けて船が通ることができるのですが、今まで航路として十分使われていなかったものですから、まだ情報が不足している面があります。それを衛星情報のAIS、それからJAXAから提供いただいた海の状況を分析することによって、どの時期だったらどういう航路を使えるかとい

3つ目に、物流の効率化でございます。1つは、コンテナターミナルでの手続、ゲート処理の効率化、それからゲート内荷役作業の効率化に情報システムを使うことで効率化を実現するような取り組みを行っています。現在、関東地方整備局において、実証実験を行っています。



さらに、いろいろな情報を集めて、効率的に今あるものを賢く使うということで、効率的なコンテナターミナル利用を図る AI ターミナルのための検討も進めているところでございます。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。A I Sというのは、海版のE T C 2.0 ということだったんですね。

それでは、3巡目のディスカッションに入りたいと思います。私、先ほど1順目のC A L S のところで、業務プロセス間の情報連携がなげうまういかなかったのかという話をさせていただいたのですが、先ほどC I M の目標は、まさにこの問題を解決することだと考えております。コンストラクション・インフォメーション・モデリングプラスマネジメントということで、モデルをきっちりつくって、業務プロセスの改善、マネジメント改革につなげていくということかと思っております。

モデリングとマネジメントという両方の大きな2つの柱があると思うのですが、C I M のモデリングというのは、今、どれぐらい進んでいるのでしょうか。その辺の状況を教えてもらいたいです。

【社会資本マネジメント研究センター長 和泉】

C I M が始まったのが先ほどの年表で最初にいいましたが、2012 年からです。モデル工事、活用工事ということで結構進められてきておりますが、ここにC I M とはということで、さっきいった連携、発展させて、一連の計算・生産システムを効率化、高度化、ここまでいっているというのはまだこれからというところかなと考えております。

先ほどもC A L S のところでの反省点、情報の受け渡しがおおののプロセスの中で終わってしまっていて、そこからの広がりがなかったと。その辺の反省も踏まえながら、これからさらにいろいろな面での基準、要領等を整備していかなければならない段階にまだありますので、その辺、データのプロセス間の受け渡し、どんなデータが本当に次のプロセスに必要なのか、そのためにはより細かいデータもありますし、省かなければならないデータもある。その辺をみきわめながら、ルールづくり、要領づくりをしっかりこれから進めていければと考えております。

【企画部長 上坂】

ちょっと質問したいのですが、CIMのことを話るときに、私も誤解していたのですが、3次元モデルといったときに、調査、設計、施工、維持管理というまで、同じ3次元モデルを使っていくと。多分、そういうことではなくて、最初は荒っぽい3次元モデルが徐々に精緻化して精度が上がっていくとか、中に入っている情報の内容もどんどん変わっていくということですよね。

だから、CALSの場合は同じ図面を最初から最後まで流さなければいけないという議論をしていたのですが、全然そういう話ではなくて、CIMの話でも多分、3次元モデルの形とか情報の内容というのがプロセスとともに柔軟に変わっていくが、引き継ぐところは引き継ぐとか、あるいはさっき、フロントローディングという言葉がありましたが、できるだけ後で使う情報をイメージしながら、設計するということと考えていいのですか。

【社会資本マネジメント研究センター長 和泉】

まさにそういうことだと考えております。

【企画部長 上坂】

藤井さん、何かございますか。

【港湾研究部長 藤井】

3Dというと非常に格好いいのですが、今おっしゃったように、事業の段階ごとに必要な情報の細かさとか、どんな属性の情報があるかというのが多分、違ってくるのだと思います。

そういうことで、そのためのモデルはどうあるべきかは考えていかなければいけないと思いますし、やはり調査、設計、施工するときも大事だと思うのですが、これからの時代はインフラを丁寧にメンテナンスしていくと。どうやってメンテナンスを効率的にやっていくかということが大事だと思います。

そうすると、どのようにデータを維持管理情報と一緒に保管、保存、共有していくかというプラットフォームのほうもよく考えていく必要があるかなと思います。港湾分野でCIMについてはまだそれほど進んでいるわけではないのですが、今後に向けてどういうプラットフォームが必要かということを念頭に研究を進めていきたいと思っています。

【企画部長 上坂】

ありがとうございました。もう少し議論したいところなのですが、そろそろ終わりの時間が近づいてまいりました。

本日は、インフラ生産性革命をテーマに、これまでの道のり、普及への取り組み、今後の研究展開ということで議論をさせていただきました。

この後の藤沢先生による特別講演も、今なぜ生産性革命なのかというテーマで、同様なテーマでございます。しかし、藤沢先生からはもっと幅広い視点から深い話が聞けるのではないかと考えて

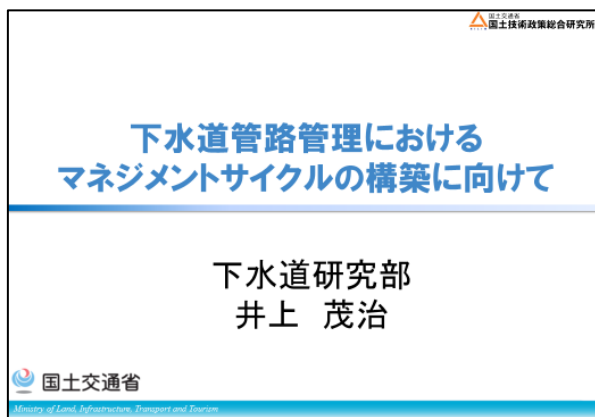
おります。

それでは、前座の役目はここで終わらせていただきます。大変ありがとうございました。

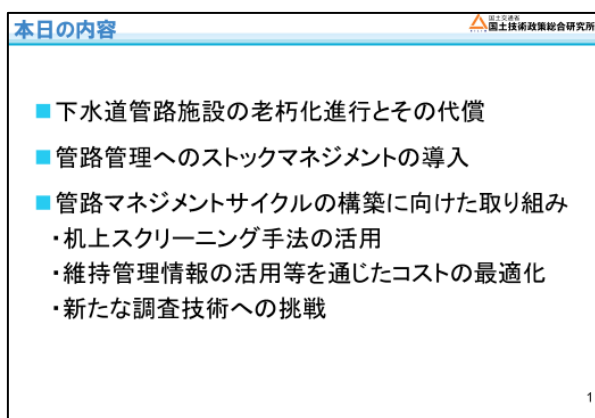
——了——

3.7 下水道管路管理におけるマネジメントサイクルの構築に向けて

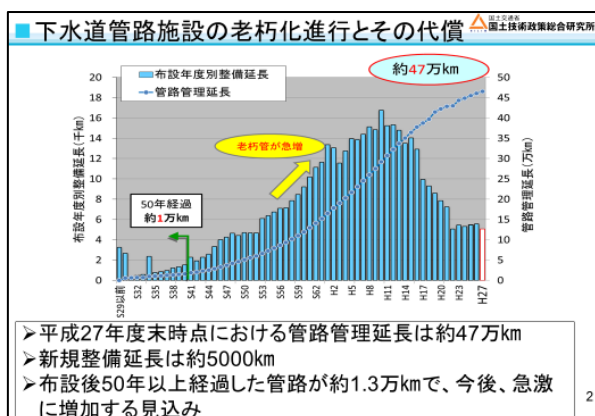
(下水道研究部長 井上 茂治)



それでは、私からは下水道管路管理におけるマネジメントサイクルの構築というタイトルでお話をさせていただきます。



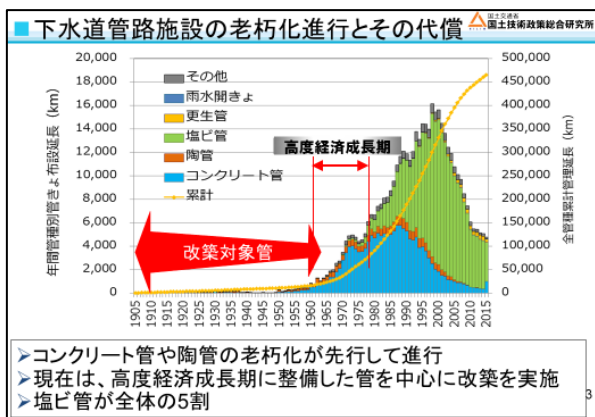
本日お話しする内容については、ここにありますように、下水道の管路管理についてです。特に下水道管路は老朽化が進行し、様々な現象が起きていますので、その現象をお伝えするとともに、それに対する国総研の取り組みをご紹介します。



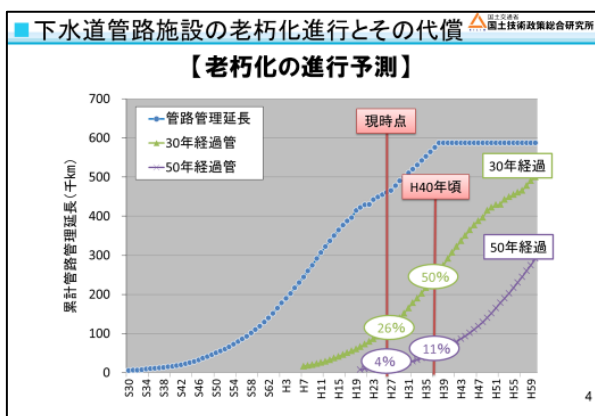
まず、管路管理の状況です。ここに示しましたように、下水道管は、高度経済成長期に急激に整備され、平成10年ぐらいをピークに、現在では、年間5,000キロメートルぐらい整備されています。これにより、トータルの整備量は、右上にございますように約47万キロメートルとなっています。これは、地球を12周回るぐらいの長さに相当します。下水道の管理者は約1,600団体ありますので、1団

体が管理している下水道管の平均長さは約300キロメートルになります。つまり、東京から仙台までの直線距離に相当する下水道管路を1団体当たりで管理しているというのが、下水道の管路管理の状況です。

下水道管路は土木構造物ですので、この中で特に 50 年経過管というのが耐用年数を迎えているストックに相当します。現在、まだ1万キロメートルという短い距離ではありますが、この急激な山をみていただければお分かりになられるように、今後ますます耐用年数を迎えるストックが増加するという状況にあります。



るに当たっては、今までのコンクリート管に対する老朽化対応だけではなく、このような塩ビ管への対応も重要になってきているというのが、今の下水道の管路を取り巻く状況です。



いましたように現在ごくわずかですが、何かしらの不具合が出てくる 30 年経過管の割合は、後 10 年しますと全ストックの半分以上を超えてくるというのが今後の見通しです。

その中で色分けをしました。下のブルーの部分で、管渠の中でも、材質がコンクリートでできている部分です。以前は、ほとんどこのコンクリート管と、少し見えにくいのですが、陶器でつくられた陶管が使われていました。高度経済成長期の後、緑の部分が多くなっていますが、これは塩ビ管といわれるもので、軽量で、施工性の高い管渠が近年多く使われてきています。特に今後の老朽化を考

老朽化の進行状況を予測したのがこの図です。下水道以外の処理施設も合わせた人口普及率は9割に達しています。ですから、今後新規設置として残っている下水道管路の延長はわずかで、管路のストックとしては、最終的にここに示しますように、60 万弱キロメートルぐらいの距離になるだろうと予測しています。

耐用年数を迎える 50 年経過管は、先ほどい

■ 下水道管路施設の老朽化進行とその代償 国土技術政策総合研究所

H27年 下水道法改正により
管路点検が義務化!

- ・管路施設の老朽化、道路陥没事故の発生が顕在化
- ・従前の下水道法では、管路施設の点検義務がなかった
- ・計画的に点検している自治体は全国2割程度
- ・硫化水素が発生する箇所は、劣化(腐食)進行が早く、事故に至り易い

- 老朽化に備えた適切な時期での点検・清掃
- 腐食の恐れ大きい箇所は、**5年に1回**以上点検が必要
- 事業計画の記載事項として、新たに「点検の方法・頻度」等を追加。

5

きちっとした点検、管理が行われていく方向にあるというのが今の情勢です。

■ 下水道管路施設の老朽化進行とその代償 国土技術政策総合研究所

H26年度 下水道管路調査実施率
※TVカメラ等による管内調査(平成26年版下水道統計)
※1年間に調査した管路延長/総管路延長×100

全国 1.8%

- かつては、10年に1回の調査を目安(旧維持管理指針:TVカメラ調査の調査頻度)としていた
- この場合、調査実施率は10%程度
- 調査実施率は、政令市が押し上げている一面も

6

そのような中、平成27年に下水道法が改正されました。これ以前は、管路の点検については、10年に1回ぐらいという目安はありましたが、管理者の義務ではありませんでした。それがこの27年の法律改正で、特に腐食の恐れ大きい箇所については、最低でも5年に1回は点検してくださいということが義務づけられました。このように、老朽化の急激な進行が懸念される中で、管路管理について、

ただ、一方で、管路調査の実施状況を示したのがこのスライドです。現在、全国で1.8%の管渠の点検調査しか行われていないというのが現実です。先ほど危ないところだけでも5年に1回という話をしましたが、このペースでいきますと、全延長に対しては50年に1回行うのが精一杯というのが今の状況です。特に管路管理を実施している1.8%のほとんどは政令指定都市で、古くから下水道を実施

してきた都市です。他の大部分の都市では、これからというのが現在の状況です。

■ 下水道管路施設の老朽化進行とその代償 国土技術政策総合研究所



U市:600mm、H5、破壊、長さ4×幅2×深さ1.5m

7

そういう中で、老朽化によってどのような現象が起きているのかを示したのがこの写真で、管渠にひびが入って破裂して、汚水があふれてきた様子です。汚水を水中ポンプでかき出す前の状況は、この右側の写真の状況です。川ではありません。これは道路で汚水があふれて、このような状況になっているものです。これが市街地で起きた場合には、公衆衛生上の問題が懸念されます。

■ 下水道管路施設の老朽化進行とその代償 国土技術政策総合研究所



S市: 150mm (取付管)、S47、接合不良、長さ0.5×幅0.4×深さ0.5m

8

また、このような事例もあります。大型車が通ったときに、このように道路に穴が空いて、車のはまってしまうという現象です。これも下水道管路の破損等の不具合により、土砂を引っ込んで、路面下に空洞が生じていたことで引き起こされた事象です。

■ 下水道管路施設の老朽化進行とその代償 国土技術政策総合研究所



O市

9

これも一例ですが、ほとんど見えないと思いますが、路面にちょっとした窪みが生じています。

■ 下水道管路施設の老朽化進行とその代償 国土技術政策総合研究所



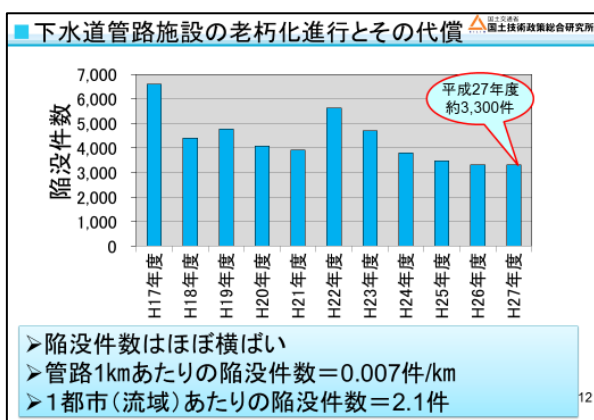
O市: 取付管、取付管接合部破損、長さ1.2×幅0.8×深さ0.7m

10

この部分の舗装をとったら、下にこれだけの空洞があいていたという事例です。深さ70センチメートルほどの空洞がありました。



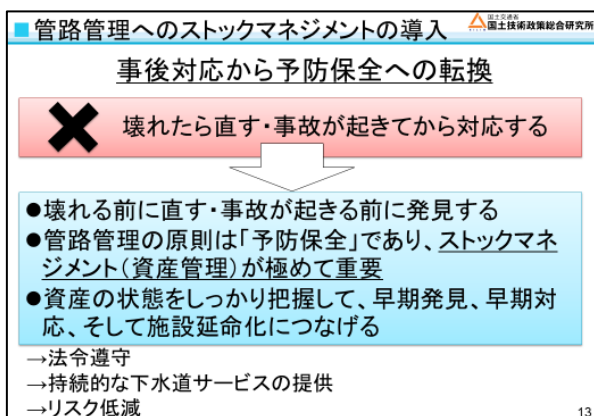
これが大きくなると、このような陥没が生じ、場合によっては、車だけではなく人も落ちてしまうという非常に危険な状況になります。



この図は、下水道に起因する道路陥没の発生件数の推移です。年間3,000件ぐらい起きているというのが今の状況です。1都市当たりでは、年間2件ぐらいの陥没事故が起きていることに相当します。冒頭いいましたが、50年という耐用年数を迎えた老朽管が1%ぐらいしかないにも関わらずこの数字ですから、老朽化がこのままの状況で推移した場合には、今後さらに危険な状況になるということ

とです。

なお、たまに件数が多くなっている年度がありますが、これは地震があったときの陥没件数です。まだ詳細は解明されていませんが、地震による地盤の緩みで下水道管に何かしらの不具合が生じ、土砂を引っ込んで陥没が生じてしまうのではと推測しています。この図では27年度までしか記載がありませんが、28年度も熊本等で地震がありました。その関係もあって、今のところの集計ですと大体4,500件発生しているということです。最近の平均的な3,000件を上回っており、地震があると陥没件数が増えるという傾向がここでも見られます。



そういう状況の中で、他のインフラの管理者からはまだそんな状況かといわれるかもしれませんが、下水道の管路管理についても、事後対応ではなく、予防保全に転換していきこうという考え方になってきています。

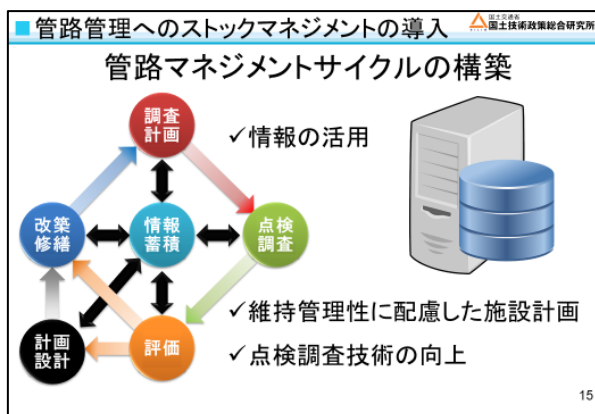
■ 管路管理へのストックマネジメントの導入 国土技術政策総合研究所

管路点検が義務化… 自治体の実状

- 管路維持管理費用の確保が困難
- 発注のための技術職員の不足
- 管路延長が長大で調査が追いつかない
- 調査困難な箇所が存在（圧送管、大口径等）
など

14

ます。



できるようにしていくというのが大きな目的です。また、もう1つの大きな意味があります。それは、今までほとんど何もなかった訳ですが、きちんとデータを蓄積し、各種情報を集めながらこのサイクルをつくりあげれば、民間がさらに自分たちのノウハウを入れていくことも可能になるだろうということです。

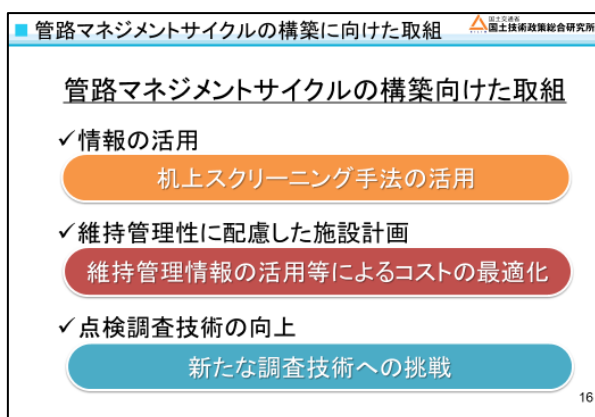
処理場などですと、機械、電気の更新は15年ぐらいで行われますので、50年ぐらいたった中では3回ぐらい更新が行われています。そうしますと、大体データも揃っていますし、そこに民間のノウハウも蓄積されていますから、処理場では性能規定に基づいて、包括民間委託という形で民間の能力等を発揮させながら、施設を維持管理することができるようになっています。

これに対して管渠については、先ほどいいましたように情報の集積はこれからです。なおかつ、こういうマネジメントサイクルもできていない中で、民間に頑張ってというのは無理があります。今後、管理者側で的確な人材の確保が難しくなる中で、民間がノウハウを発揮しながら、ビジネスとしてもやっていける世界をつくるためにも役立つと思っています。

しかし、管理を行う自治体の現状としては、お金がない、人がいない、なおかつ管理する施設のストックが膨大だということで、予防保全を実行するのはなかなか難しいといわれます。また、下水道の特徴の1つに止めることのできない施設だということがあげられます。施設を供用させながら、点検、管理をしなければならない、また、地下にあって対応しにくいということで進んでいない面もあり

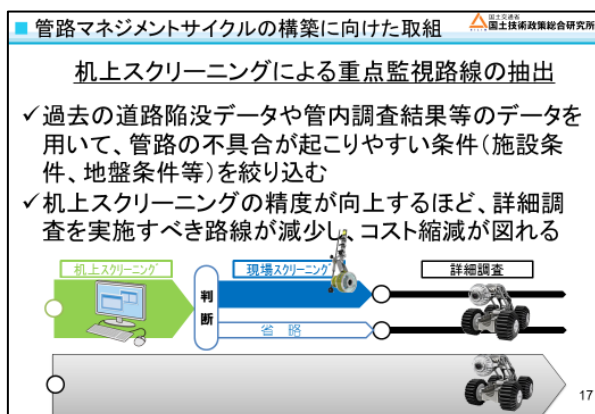
そういう中、国総研では管路マネジメントサイクルの構築に向けて様々な調査研究を行っています。

1つは、他のインフラでもそうですが、調査から点検、そして評価をして、その結果を基に改築更新等につなげていくというサイクルを、下水道に適したマネジメントサイクルとして構築していくことを進めています。これにより、多様な公共団体が適切に管理運営



ったらいいのかを、コストを含めて最適化しながらやっていくための調査、検討です。

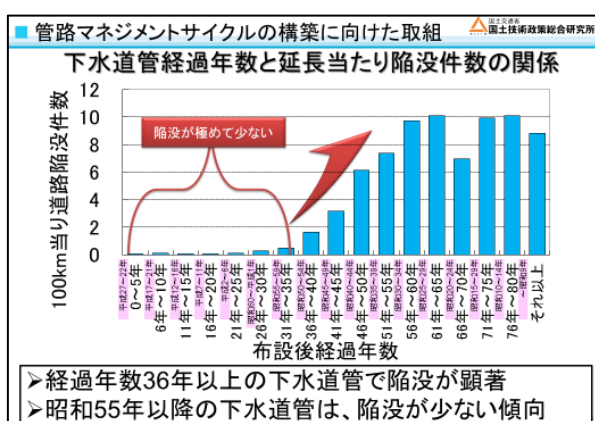
3つ目は、点検・調査技術についてです。様々な革新的な技術が出てきていますので、それをどんどん広めていこうというものです。



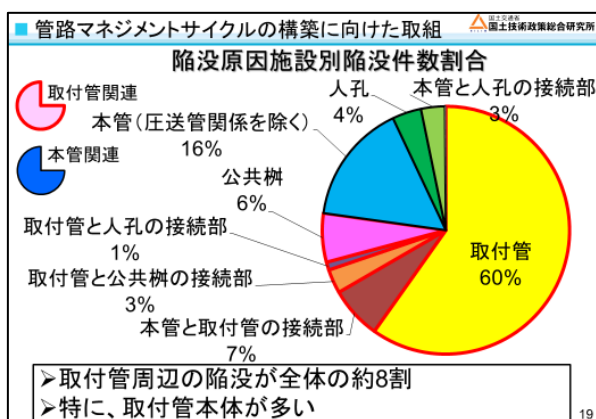
そのために何をしているのかということですが、大きく3つ挙げさせていただきました。1つ目は、情報の活用です。膨大なデータをしっかり使いながら、全ての延長を調査、点検するのではなく、重要な場所をきちんと重要度に基づいて、優先順位をつけながらやっていこうという手法です。

2つ目は、維持管理について、点検結果に基づいて、次の改築、更新等をどんな形でや

1つ目については、一般的な手法ですが、スクリーニングとして、まずは机上で優先順位をつけながら現地調査に入る箇所を抽出するとともに、現場に入るときにもいきなり詳細調査から入るのではなくて、場所によっては現場でもっとスクリーニング的な技術を使ってから詳細調査に入るということを、様々な施設条件とか地盤状況に基づいて判断する考え方を整理していこうというものです。

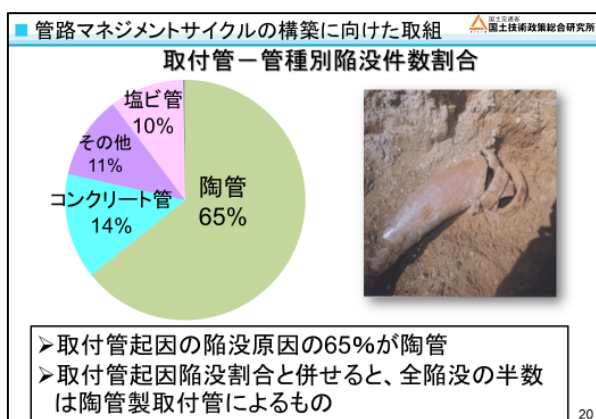


そのために必要な各種条件を、国総研では調べています。一例を、経過年数と陥没件数の関係を示した図から示します。敷設後、36年以上たった経過管については、この図にありますように、陥没件数がどんどん増加するという状況です。片や36年未満はほとんどありません。まず、ここで1つのスクリーニングができるだろうということです。

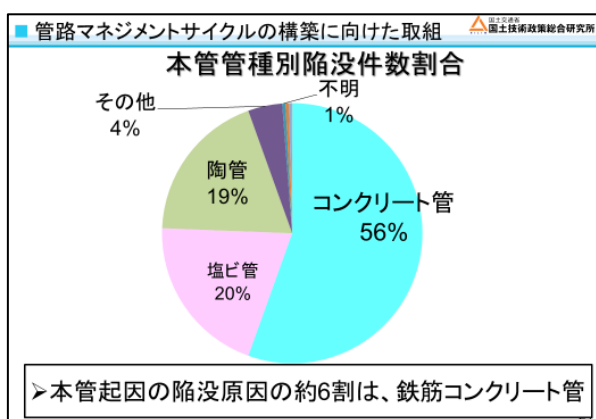


また、この円グラフは、下水道の陥没が起きる場所がどんな場所なのかというのを調べたものです。取付管というのは、下水道の本管に対して、各家庭や事業所からの下水を本管に流し込む管です。下水道の末端に位置するので、埋設深は浅く、かつ管径は細くなります。このため、地盤状況とかの影響を受けやすい部分です。陥没原因を調べてみたら、4分の3ぐらいがこの取付管に係わる部分

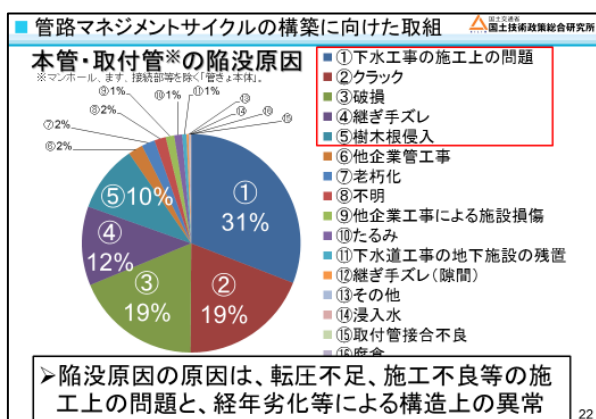
となっています。残り 25%は本管に係わる部分ということが分かりました。



なおかつ、取付管のうちどういう管種について事故が多いのかということも調べています。管種では、陶管が非常に多いという結果です。もともと古くは陶管がよく使われていたということもあるのですが、やはり割れやすい等ということで、ここに係わる部分が陥没の原因になる場合が多いということが分かりました。

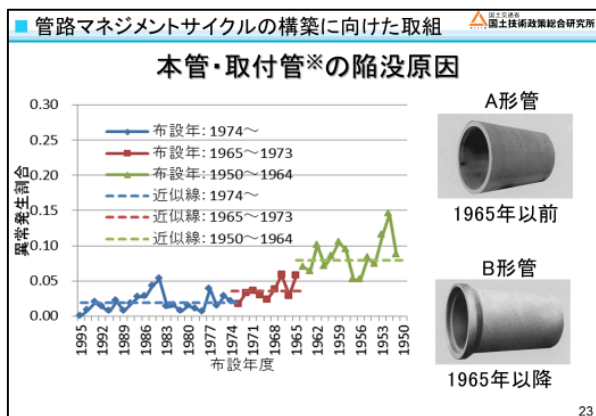


では、本管ではどうなのかといいますと、本管はコンクリート管が多いので、コンクリートの劣化メカニズムに起因して陥没等を起こすということが分かっています。



ここに挙げているのは、本管及び取付管の陥没原因です。①が最も多く、下水道工事の施工上の問題があげられています。材質に応じて適切な施工が必要であるということが分かってきています。また、クラックの生じ方など破損等の仕方も材質によって違いが見られます。陥没原因は、ここで挙げている5つの理由で9割方が占められているというのが現在の状況です。

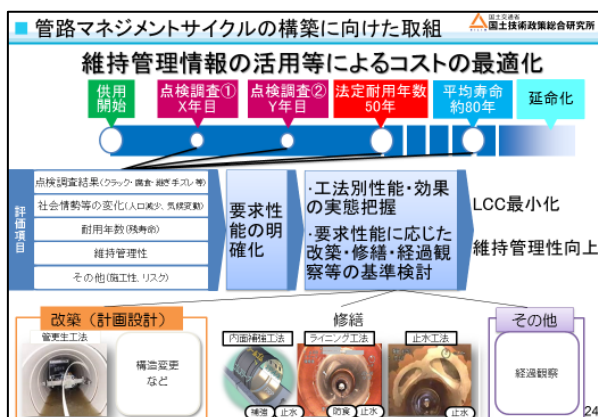
さらに、これらの原因の詳細を明らかにすることで、どんな場所に絞り込んで詳細調査等をかければいいのかということがより明確になり、円滑な管路管理を進めていくことが可能になると思っています。



また、規格によっても陥没の状況が変わってきているという例がこの図です。1965 年に境に規格がA形管からB形管が変わっています。構造的には、ソケットの部分があるかないかという違いです。従来は、ソケットの部分がない、いわゆる寸胴型で、これをモルタルやカラーといわれるものでつなぎ合わせて下水道として機能させていました。しかし、このモルタルやカラーの部分は弱く、そこが

原因で土砂等を引き込んで、陥没を起こすという状況でした。

それに対してB形管というのは、つなぎの部分改良されたものです。これが使われることで、1965 年以前の異常の発生割合に対して、数値がぐっと減っています。また、1974 年ぐらいに一段数値が低下していますが、このときにはコンクリート管の強度が影響しています。さらに、塩ビ管も普及したということで、異常の発生割合が低下してきているという状況がみられています。ですから、こういう使われている管の材質や規格等が分かれば、どこを重点に点検すべきなのかということも分かってくるということです。



次に2つ目の詳細です。これは、先ほどの情報を使いながら、点検、調査した後に、それらの結果をもとに改築をするのか、修繕で済みますのか、経過観察をすればいいのかということに判断を、様々な条件を整理し考え方を示すことで、的確に行えるようにしようというものです。

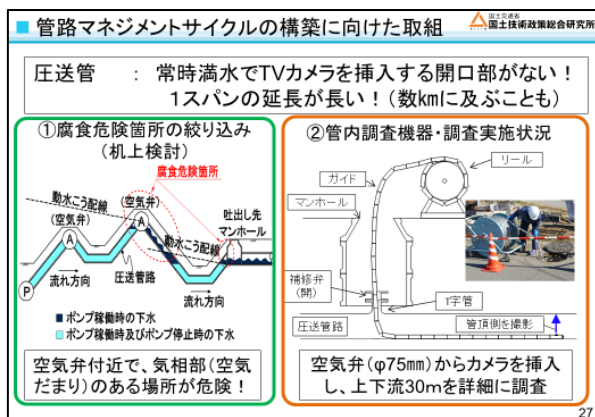


3つ目の詳細は、点検技術の高度化についてです。TVカメラを使った従来の詳細調査技術では、1日300メートルぐらいの点検・調査しかできませんでした。これは、人が下水管の中に入って目視によって点検調査する約半分の速度です。ですから、それを2倍にしようということで、従来は異常箇所を見つけると機器がその場で止まってカメラで詳細確認していたのを、まずは止まらないでずっと

全線を撮影し、その後、画像診断により異常箇所を見つけるという手法の技術の開発を支援したり、先ほどもいいましたように、材質等によって管の不具合が生じる箇所がある程度特定されますので、管口カメラなど、それに適した技術の開発を支援したりしています。また、図の下に示すように、ドローンを飛ばして点検等を行う技術であるとか、道路でも使われている技術ではありますが、空洞探査技術を活用したりしながら、点検、調査技術のさらなる効率化等を目指しています。



中でも空洞探査技術は、道路で使われている技術ではありますが、下水道の特性として陥没の生じる原因となる箇所が、本管ではより深いところになること、陥没事故の多い取付管では逆に浅いところですが路面の端になること等があげられます。ですから、通常の道路のレーダー探査の範囲からは外れる可能性がありますので、それを見つけられるというのが技術開発の目標です。



また、下水道では、圧力をかけて下水を送水する管など点検調査が困難な箇所が存在します。このような人が入れない、あとテレビカメラも入れられないような箇所において、腐食等の危険箇所を絞り込む調査技術として、このようなスネーク型の点検・調査技術等の実証も行っています。



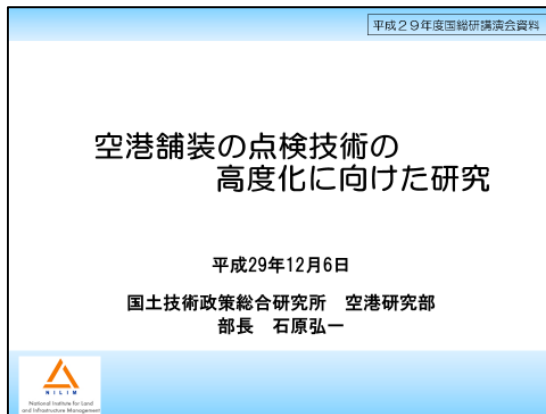
医療の分野では、小さいカプセルを飲んで体内の状況を把握するという技術もありますが、下水道でも同じような技術が適用できるのではないかと考えています。様々な分野と連携しながら、そのアイデアをもとに様々な技術開発を進めていくことも重要と考えています。管路管理については、まだまだこれからの分野ですので、皆様と一緒に考えていただければと思っています。ご清聴ありがとうございました。

うございました。

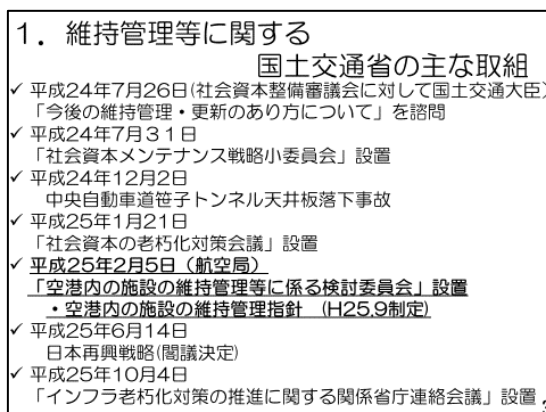
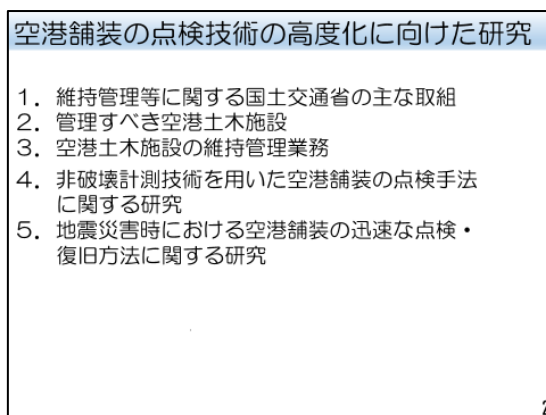
——了——

3.8 空港舗装の点検技術の高度化に向けた研究

(空港研究部長 石原 弘一)



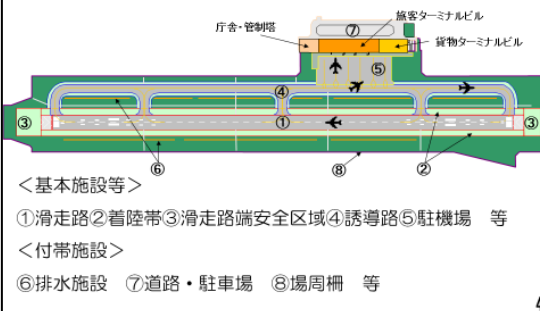
空港研究部長の石原でございます。これから当研究部で取り組んでおります空港舗装の点検技術の高度化についてお話をさせていただきます。



まず、維持管理に関します国交省の取り組みがいろいろあるわけでございますけれども、平成25年2月に空港内の施設の維持管理等に関する検討委員会が設置されました。この委員会の中で、空港内の施設の維持管理指針が同年9月に制定されております。

2. 管理すべき空港土木施設

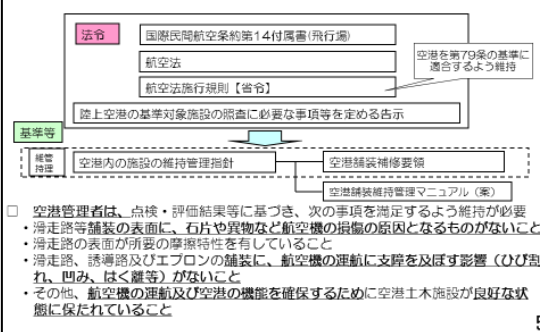
- ✓ 航空機の離着陸に必要な基本施設等及び空港機能を確保する上で必要な付帯施設



この維持管理の対象となる施設でございますけれども、ここにごございますような基本施設、滑走路、着陸帯といったもの、簡単にいってしまうと、舗装されているところとお考えいただければいいと思います。こういったところの維持管理をきちんとやりましょうということが定められたわけでございます。

3. 空港土木施設の維持管理業務

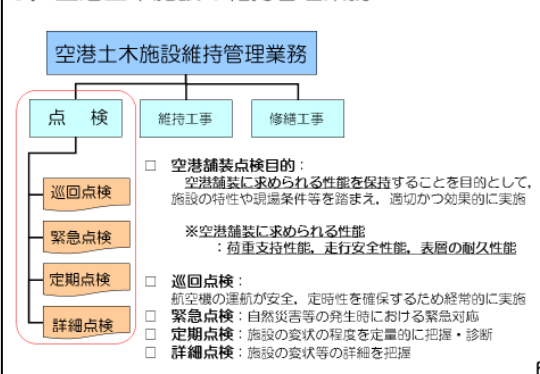
(※舗装に関する抜粋)



管理指針がございます。この中には、空港舗装の補修要領ですとか維持管理マニュアルといったものが含まれてございます。

この決まりの中で、空港管理者は国、地方公共団体はもちろんですが、空港会社、あるいは最近では空港の民営化ということで、コンセッションと呼ばれる特別な会社がございまして、その全ての管理者に対して、舗装の表面、地表面に異物がないこと、それから滑走路の摩擦係数がきちんとある水準以上に保たれていること、航空機の運航に支障を及ぼすような影響がないことを踏まえて、きちんと良好な状態に保ちなさいということで、維持管理計画をつくることになっております。

3. 空港土木施設の維持管理業務



さて、空港土木施設の維持管理業務、大きく分けまして点検、維持工事、修繕工事となりますけれども、今回ターゲットにしていますのは点検業務ということでございます。点検業務、巡回点検、緊急点検、定期点検、詳細点検と分かれております。

点検業務といいましても、空港ならではの特殊性がございます。皆様ご案内のとおり、非常に広

いということ、滑走路、大きな空港ですと幅が 60 メーターあったりします。非常に広大な範囲を点検しなくてはならない。しかも、そのほとんどの作業を夜間やらなければいけないという特殊性がございます。

3. 空港土木施設の維持管理業務

✓ 空港舗装維持管理を取り巻く状況

空港の維持管理は広大な範囲を基本的に運用時間外に実施しなければならない

近年、空港の利便性向上のため運用時間が拡大したり、深夜の国際線や貨物便の就航等の影響により、夜間の維持管理の作業時間が短くなる傾向。

羽田空港の場合（24時間運用）

施設名称	作業可能日	作業可能時間
A滑走路地区	週4日	23:30～05:30
B滑走路地区	週6日	23:30～05:30
C滑走路地区	週2日	02:00～05:30
D滑走路地区	週2日	23:30～05:30 (週1日) 02:00～05:30 (週1日)
その他主要な誘導路	毎日	00:00～05:30



那覇空港の場合（24時間運用）

時間	運用状況
6～23時	通常の旅客便利用
23～1時	維持管理作業（2時間）
1～6時	深夜貨物便利用

【深夜貨物便の駐機状況】

深夜便の影響で平日は1日に2時間しか作業できない

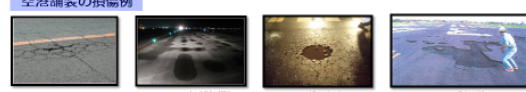
こちらに羽田空港の例をお示ししておりますけれども、4本滑走路がございますが、24時間運用ということで、特に夜間使われることが多いC滑走路、D滑走路については、作業ができる日にちが週2日、あるいは3日、しかも作業時間が1日3時間とか4時間程度しか許されておられません。

また、那覇空港は貨物便が非常に盛んになっていくわけですが、こちらでも24時間空港で

す。しかも、貨物便は夜間飛んでくることが多いということで、1日2時間程度しか点検作業ができないという状況でございます。

3. 空港土木施設の維持管理業務

空港舗装の損傷例



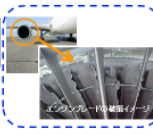
ひび割れ わだち割れ ポットホール 剥離

舗装破損・異常 → 走行安全性低下 → 機材損傷・航空機事故の可能性 → 遅延・欠航運用への影響

母材飛散（障害物） → 施設閉鎖

供用中に滑走路等の基本施設の舗装が破損した場合には、飛散した母材が航空機のエンジンに吸引されたりなど、航空機運航の安全性及び定時性が確保されない

航空機運航の安全性及び定時性を確保するためには、日常からきめ細やかな維持管理が必要



では、点検作業の対象となるような損傷はどういうものがあるかということで、ひび割れですとかわだち割れというものがございまして。こうしたものは、表面にあらわれておりますので、目視でも何とかみつかることは可能なのですが、特にこれからお話ししますような空港の舗装というのは、3層とか4層とか幾つかの層で分けて施工されるのですが、層と層の間に透き間ができる。私ども、これを層間剥離と呼んでおりますけれども、

そういったもの、あるいは何かの弾みに層の間に水分が残っていると、それがいずれ水蒸気になって膨らむというブリストリングと呼ばれておりますが、こういったものは地表面からではわかりません。

今申し上げました層間剥離ですとかブリストリングというのは、非常に大きな悪さをいたします。きのうまで何ともなかったのだけれども、けさになってみると突然、表面が壊れているということが頻繁に起きます。そういった舗装のかけらが当然、エンジンなどに吸い込まれますと、こちらにございますように、エンジンの破損という重大な危険を招くことになります。

4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

空港舗装維持管理(点検)の現状と課題

点検の現状

巡回点検(標準年3回以上)

- ・人の巡回による目視、打音による点検
- ・主として航空機運航に直ちに支障がないか判断



夜間目視による舗装表面の点検 打音による舗装内部の点検

定期点検(標準3年毎)

- ・路面性状評価のための点検

(コンクリート路面の割れ、わだかまり、平坦性評価等)

- ・計画的な舗装の更新実施に利用



路面性状評価のための点検



小波変換を用いた舗装内部の点検

巡回点検の課題

- ・広い舗装面の点検に時間がかかる
- ・メンテナンス時間の減少による点検漏れ(抜け)の可能性
- ・補修要否の判断に個人差が出る可能性
- ・打音点検の組合せに赤外線カメラを導入しているが、天候の影響を受けやすく利用環境が限定的
- ・定期点検に使用している計測機器は、計測項目の違いなどの点検で日常点検へそのまま適用が困難

9

のように、非常に点検に時間がかかります。また、どこを点検してきたかというのがなかなか後でわからない。ハンマーでたたいたりしますので、経験の有無とかという個人差が生じるという問題が現場から寄せられておりました。

では、その点検の現状でございますけれども、先ほどお話ししました巡回点検については、年に3回以上ということをやっております。実際には、この写真にございますように目視でやって、そしてあと作業員の方が並んで、立てひざで手にハンマーをもって表面をたたいて、異音がしないかということを実はやっていたという状況にあります。

こんな写真の様子をごらんになるとおわかり

4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

✓目的

点検作業の時間短縮及び精度向上のための新たな非破壊計測技術の導入

✓研究内容

- ・新たな計測技術の情報収集・抽出
- ・新たな計測技術を用いた点検の評価
- ・実地に適用するための機能向上や運用条件の改善及びマニュアル案の作成

10

そこで、当研究部ではこうした点検作業の時間の短縮、それから誰でも同じような結果を出せるような非破壊計測技術の研究と申しますか、開発に取り組んだところでございます。具体的には、新たな計測技術の収集、それからそうした点検技術が本当に使えるかどうかというフィールド実験と実際に現場で使えるためのマニュアルづくりをしたところでございます。

4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

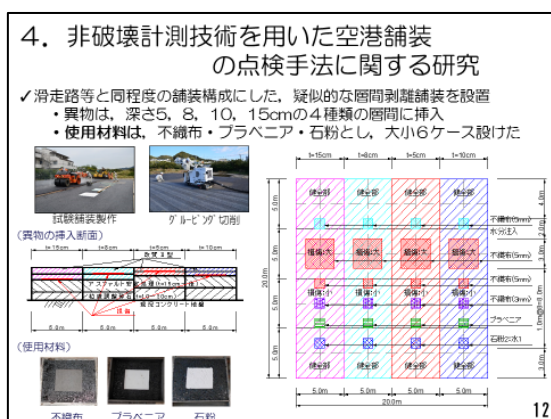
✓約60種類の計測技術の中から、空港舗装の適用性、夜間作業の適用性、可搬性、不具合箇所特定等の自動化といった、空港特有の要求性能を評価基準として4技術を選定(第1次評価)

技術名称	技術概要	イメージ	特徴	技術選定上の理由	適用性(1)	適用性(2)	適用性(3)	適用性(4)
AE計測システム(エアーエミッション)	弾性波の伝播特性を利用し、舗装内部の空洞や亀裂を検出する。		非破壊、高精度、自動化可能。	舗装内部の空洞や亀裂を検出できる。	適用可能	適用可能	適用可能	適用可能
打音測定車	打音による点検を自動化し、打音強度を測定する。		非破壊、高精度、自動化可能。	舗装内部の空洞や亀裂を検出できる。	適用可能	適用可能	適用可能	適用可能
加振計測(内部点検)	加振による点検を自動化し、加振強度を測定する。		非破壊、高精度、自動化可能。	舗装内部の空洞や亀裂を検出できる。	適用可能	適用可能	適用可能	適用可能
中性子水分計	中性子線を用いて水分含量を測定する。		非破壊、高精度、自動化可能。	舗装内部の空洞や亀裂を検出できる。	適用可能	適用可能	適用可能	適用可能

11

いたもの、2つ目は打音測定車ということで、先ほど人がハンマーでたたいていたのを若干機械化したようなもので、原理は非常に簡単なものですが、そういった打音測定車、それから加速度計のついた内蔵ハンマー、中性子を使った水分計の4つを抽出いたしました、実際にフィールド実験を行いました。

非破壊計測技術というのは、民間に60種類程度あるということでございまして、その中で空港舗装へ使えるか。空港舗装は非常に厚い舗装が何層にもなっておりますので、そういったところで使えるかということ。夜間でも使えるか、あるいは持ち運びが便利であるかということの評価の観点にしまして、60種類余りのところから4つの計測技術を選定いたしました。1つ目はアコースティックエミッションのところでは弾性波を用



実験を行いました。



路には水はけをよくするために、四角い溝が切ってございます。その溝がある場合、ない場合でもどうかということで、比較のために検証したものでございますけれども、グルーピングのあるなしというのは、ほとんど打音測定車に関しては影響がないということがわかりいただけたと思います。



に伝わるような仕組みをつけてほしい。それから、当然、雨の日でも作業しなければいけないので、表面に水がある場合どうなのだろう。それから、先ほど申しましたように、グルーピングのあると

フィールド実験の様子なのですが、実際に舗装を施工しました。舗装を地表面から5センチ、8センチ、10センチ、15センチの深さにベニヤ板だとか異物を引いて、その上に舗装をかけてみました。この異物が実際には先ほどから申しました層間剥離を再現するものということで、こういったものを準備いたしました。また、舗装の層の間に水分があったらどうかということもあって、実際濡らしたものをあわせてセットして、

こちらがその実験結果でございます、4つの測定で深さごとにどのくらい異物を発見できたというか、異物の存在をみつけられたかというデータでございます。これをもらいただければ、打音測定車の成績が図抜けているということがわかりいただけたと思います。

数字が2段になっておりますけれども、これは上段がグルーピングのない場合、下段がグルーピングのある場合。グルーピングというのは、滑走

それで、打音測定車というのはどうも使えそうだったということがわかったのですが、実際に現場ではこのままでは使いません。そこで、実際に空港の点検業務をしている方々にヒアリング、あるいはいろいろご意見を伺いました。その結果、やはり幾つか要望、あるいは疑問が寄せられたのですが、1つはどこをはかってきたのか、それがわかるようにしてもらいたいということ、それから異常があった場合、それが測定している者

ころ、ないところでもどうなのだろうといったことがヒアリングの結果寄せられました。

それを受けまして、位置出しがわかるようにということで、GPSをつけて、作業終了後、どこをどうはかってきたかというのが一目わかるような装置をつけました。また、異常があるかないかわかるように、これは簡単なランプなのですが、異常がある場合、異常な音を拾った場合は、ランプがぴかっとつくようにしたという工夫をいたしました。

こういった工夫をとりつけて、実際にまた空港の実務の作業者に立ち会ってもらったところ、これは非常にいいですねという評価と申しますか、評判をいただいたところでございます。

4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

✓打音測定車の機能向上や運用条件改善の検討結果

- ・音響情報をもとに、平面上に舗装損傷箇所を明示する機能が有効であった。
- ・測定している時点で異常を感知した時に測定者に知らせる機能が有効であった。
- ・測定スピードについては時速2kmが最適と判明した。
- ・雨水による影響はほぼないものと判明した。
- ・剥離内の水分の有無による異音検出への影響もないものと判明した。
- ・グルーピングについても影響はほぼないものと判明した。

✓導入メリット

- ・空港の現場で研究成果の点検手法を活用することで、点検の効率化や質の向上に資する
 - 人力による打音調査（点検ハンマー）に比べ、労力が軽減
 - GPS機能の付加により、広大な範囲でも計測の位置出しが容易
 - 舗装内部で発生した異常箇所の確実な発見
 - 空港管理図に計測結果を反映したデジタルデータの取得が可能
 - 点検結果のデジタルデータ蓄積による経年のモニタリングが可能

最終的な取りまとめといたしまして、機能の改善をいたしました。1つ目は、今申し上げましたような平面図上に異常箇所を明示する機能が非常にいいということ。それから、異常を感じたときに、作業者に異常を知らせる機能、簡単なランプがつくだけでも、これも非常にいいですねというお話でございました。

それから、どのくらいのスピード、速さで測定するのがいいのかというのも現場から寄せられ

たのですが、どうも時速2キロ程度ですので、ゆっくり歩く程度でやれば、まず間違いなく異常をつかまえることができるということがわかりました。

また、表面に水のある場合、雨の降っている状況でも、影響はほとんどないということ、それから先ほどの測定結果でお示ししましたように、グルーピングのあるなしについても影響がないということがわかりました。

そういった装置が何とか実用化できれば、当然、労力の軽減、それから異常箇所の確実な発見といったことが実現できるのではないかと思います。

この装置につきましては、先月から羽田空港の現場で試験的に今、使用していただいているところでございます。やはり空港の現場ですと、実験と違ひまして、またいろいろな状況がありまして、いろいろな改善点だとか要望が今後寄せられるのではないかと考えております。

5. 地震災害時における空港舗装の迅速な点検・復旧方法に関する研究

- ・空港が緊急物資輸送等の拠点として機能するためには、点検・復旧を速やかに実施する必要がある。
- ・地震時の空港舗装の被害の点検・復旧方法の判断基準を確立する。



熊本地震後の離着陸回数				
	時間帯	定期便	臨時便	備考
4/14木	7:30-21:30	76	26	【21:26前編】
	21:30-翌7:30	0	38	
4/15金	7:30-21:30	82	80	千葉運航
	21:30-翌7:30	1	37	【25:25本編】
4/16土	7:30-21:30	0	198	ターミナル閉鎖
	21:30-翌7:30	0	7	ターミナル閉鎖
4/17日	7:30-翌7:30	1	124	ターミナル閉鎖
4/18月	7:30-翌7:30	0	123	ターミナル閉鎖
4/19火	7:30-翌7:30	35	149	定期便再開
4/20水	7:30-翌7:30	51	134	

今申し上げました一連の話は、通常の巡回点検ですとか、定期点検のときのお話でございました。これからご紹介いたしますのは、地震災害が起きたときに、迅速に点検と復旧ができる方法についての研究でございます。この研究につきましては、当研究部で今年度から取り組んでいるものでございまして、まだきちんとした成果ではございませんけれども、こういったものを目指してい

るかということをお話をさせていただきます。

航空局で地震に強い空港のあり方が取りまとめられておりまして、その中で地震災害時に空港の果たす役割としては、緊急物資ですとか救援物資の輸送拠点として機能する必要があるということが記述されております。

こちらに示しておりますのは、仙台空港での液状化で誘導路が陥没しているというものでございます。

また、昨年ございました熊本地震のときの熊本空港の利用状況でございます。本震がありました後、民間の定期便、臨時便が約3日間、完全にストップしたのでございますけれども、たまたまこのとき、熊本空港のほうはそんなに大きな損傷を受けなかったということで、救援機が1日100機以上飛来しているという状況がございました。

5. 地震災害時における空港舗装の迅速な点検・復旧方法に関する研究

研究内容① 点検方法と判定基準の検討

- ・一次判定基準の検討（目視）
- ・二次判定基準の検討（FWDや大型消防車）



大型消防車を用いた支持力調査
(平成19年能登地震)



FWDによる支持力調査
(平成23年東北地方太平洋沖地震)

17

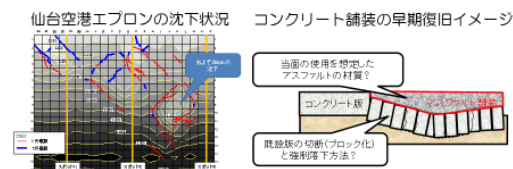
いはい何か計測で判定できるようなことがそういった基準でできないかということに今取り組んでいるところでございます。

実際に地震災害が起きたときに、すぐ点検しなければいけないのですが、なかなか点検機材が手元にないという場合がございます。左の写真は、能登半島地震のときに航空機を発車するわけにいかないので、一番重い車両、大型消防車があったということで、とりあえずそれを走らせてみて、舗装がへこんだりしないかということを苦しまぎれにやっていたという場合がございます。こういったものに頼らないで、簡単な装置、ある

5. 地震災害時における空港舗装の迅速な点検・復旧方法に関する研究

研究内容② 復旧方法の選択基準の検討

- ・アスファルト舗装の復旧方法
調達可能な舗設機械が限定される場合を考慮した復旧方法選択基準の検討
- ・コンクリート舗装の復旧方法
アスファルト混合物による復旧方法の検討



18

けれども、こういった救援機が飛んでこようかという状況ですと、それも許されないということで、例えばコンクリートを埋め戻しにして、上にアスファルトを敷き詰めるのはどうだろうかということについて検討しているところでございます。

また、点検は点検であって、逆に復旧をどうしようか。左側の絵でございまして、仙台空港のエプロンの変状で、20センチ程度の沈下。大きさは十数メートルあるのですが、実際に駐機場はコンクリート舗装が主に行われております。したがって、コンクリート舗装の下部分が液状化して、コンクリート盤が沈下するのが非常に厄介でございます。時間があれば全部取り除いて、コンクリートを打ち直すことができるのです

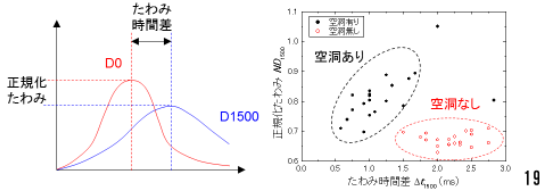
5. 地震災害時における空港舗装の 迅速な点検・復旧方法に関する研究



FWD (Falling Weight Deflectometer)

空洞が生じたコンクリート版におけるFWDたわみを分析したところ、空洞があることにより

- ・正規化たわみ は大きく
- ・たわみ時間差 は小さくなる。



19

がわかっております。このぐらいデータがきちんと明確にわかれば誰でも判断できるのですが、非常に微妙な場合が多いございますので、そういった場合でも、現場の人が専門の技術者に頼らなくて、自分の目で自信をもって判断できるような簡易な基準をつくっていきたいということで、研究に取り組んでいるところでございます。

ご清聴ありがとうございました

20

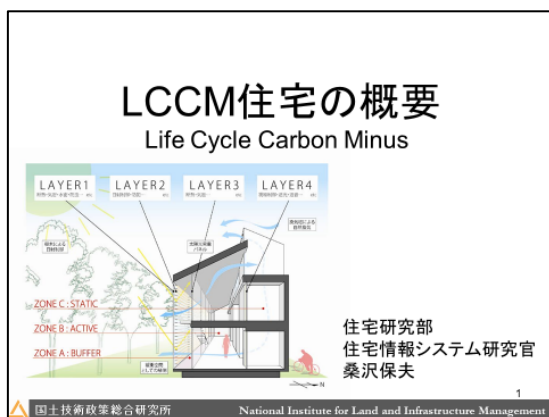
これは、FWDといって、重りをどすんと落として、その落としたときの表面の変形、たわみとたわみが伝わる速さを計測するものでございまして、大きな空洞がありますと、たわみ量は当然落とした位置から1.5メートル離れたところで計測するのですけれども、空洞がありますと、たわみ量が大きくなる。空洞がない場合に比べてたわみ量が大きくなり、またたわみが伝わる速さ、表面の弾性波が伝わる速さが速くなるということ

以上、当研究部で取り組んでおります空港舗装の点検技術の高度化についてお話をさせていただきました。ご清聴ありがとうございました。

——了——

3.9 LCCM住宅の概要

(住宅研究部 住宅情報システム研究官 桑沢 保夫)

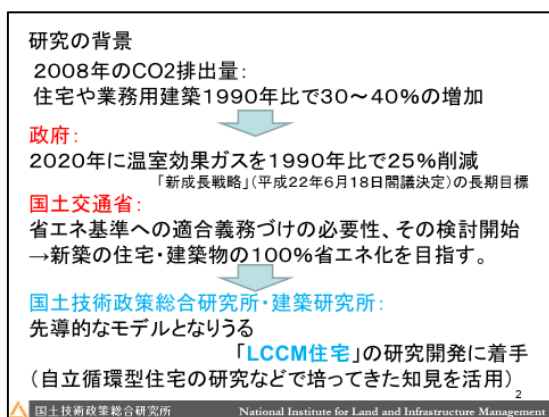


ただいまご紹介いただきました住宅研究部の桑沢と申します。

私からは、こちらにありますように、LCCM住宅の概要ということでお話をさせていただきたいと思います。

LCCということであれば、ライフ・サイクル・コストということで、昔から使われていると思います。これに対しまして、建築の分野ではLCCO₂という言葉も少し前から使われておりま

す。こちらにありますLCCMといいますのは、さらにそれにMがつきまして、こちらに略称のもとが書いてありますけれども、ライフ・サイクル・カーボンマイナス、このような概念でつくられた住宅ということで、こちらについてご紹介をさせていただきたいと思います。



ももとの研究の背景ということですが、こちらの研究を始めるに当たりまして、2008年ごろになりますが、CO₂排出量が日本全国でみたときに、住宅や業務用建築で見ますと、1990年と比べてみまして30~40%増加していました。

これに対応しまして、政府といたしましては、新成長戦略という中で、2020年に温室効果ガスを1990年比で25%削減するということを示しました。国交省としてもこれに対応いたしまして、省

エネ基準がありましたが、このときにはまだ義務にはなっていませんでした。これをさらに義務づける必要があるだろうということで、その検討を開始したということでして、将来的には全ての新築の住宅建築物、省エネ化を義務づけましょうという内容でした。

このような内容に対しまして、国総研、建築研究所と共同研究を行い、このような将来に向けて先導的なモデルとなるように、LCCM住宅の研究開発に着手しました。

パリ協定における日本の約束

1. 温室効果ガス排出量の削減

(1) エネルギー起源二酸化炭素

我が国の温室効果ガス排出量の9割を占めるエネルギー起源二酸化炭素の排出量については、2013年度比▲25.0% (2005年度比▲24.0%) の水準(約9億2,700 万t- CO_2)であり、各部門における2030年度の排出量の目安は、表1のとおりである。

表1 エネルギー起源二酸化炭素の各部門の排出量の目安

	2030年度の各部門 の 排出量の目安	2013年度 実績	削減率
エネルギー起源 CO_2	927	1,235	25%
産業部門	401	429	6.5%
業務その他部門	168	279	40%
家庭部門	122	201	39%
運輸部門	163	225	28%
エネルギー転換部門	73	101	28%

[単位: 百万 t-CO_2]

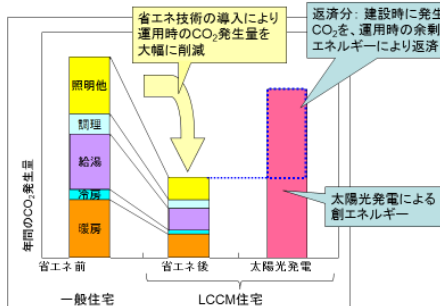
3

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

待されているということがここでも示されています。

これは最近の状況になりますけれども、つい昨年ではパリ協定ができてまいりました。この中では、2013 年に比べまして 25%の CO_2 排出量を日本全国で減らしましょうということになっています。その中でみてみますと、表の赤字のところにありますけれども、業務その他部門、家庭部門がそれぞれ大体 40%の削減を目指すということでして、全体の 25%に比べると随分大きな値が表示されている、つまり、削減が非常に大きく期

LCCM住宅 (1)コンセプト



国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

4

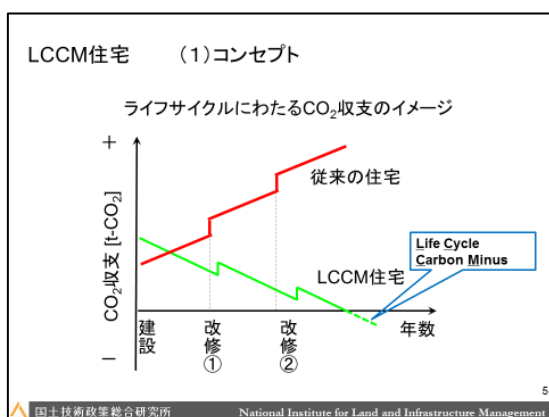
さて、このLCCM住宅、具体的にどのようなコンセプトでできているのかというのを少しご説明させていただきます。

まず初めに、省エネをする前、普通の住宅がこれぐらい年間で CO_2 を発生しているだろうという模式図になっております(左の棒グラフ)。暖房や給湯が大きな値になります。地域によって変わってきますけれども、これは、東京付近としてのプロポーシオンになっております。これに

対しまして、いろいろな省エネの工夫を積み重ねていくことで、半分ぐらい、これぐらいはそんなに無理なく削減できそうだとすることがあります(中央の棒グラフ)。

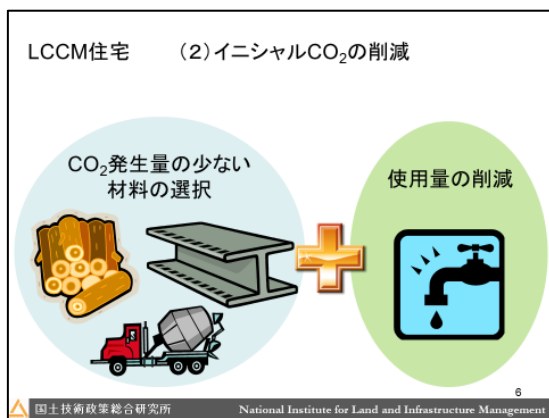
これに対しまして、太陽光発電をできるだけ大きく積みます。右のほうの2つの棒グラフがLCCM住宅となります。ここで比べてみますと、省エネ後に使うはずのエネルギー消費量、 CO_2 発生量に比べまして、太陽光発電で発生するエネルギー量が大きく上回るようにすることができます。これを右上に書いてありますように、ライフサイクルで考えるということは、つまり建設時のことを考えなければいけませんので、建設時に発生する CO_2 を運用時の余剰エネルギーで返済することを考えます。返済といっても、どのように返済をするかということになるわけですが、具体的には余ったエネルギー、電力になるわけですが、この電力をこの住宅で使わない、つまりそのほかの住宅や建物で使ってもらうことになります。

これはどのようなことを意味するかといいますと、電力会社が発電所でその分の電力を発生する必要がない。つまり、電力を発生するためのエネルギーを使わない、 CO_2 が発生しないということになりますので、この分はマイナスでカウントできないだろうかということを考えたわけです。つまり、そのマイナス分によりまして、建設時の CO_2 を返済していこうという考え方になります。



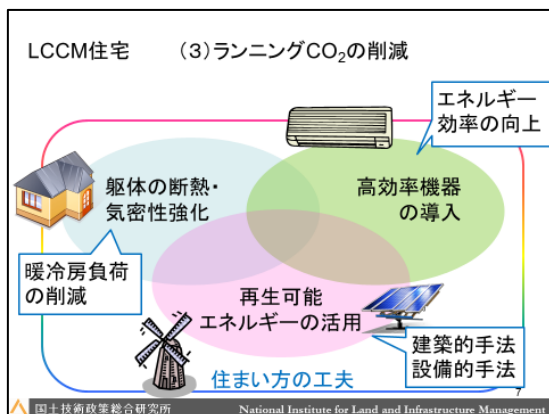
こちらは、横軸を年数ということで時間軸にしたときに、ライフサイクルのCO₂発生量がどうなっていくかということを描いた図になっています。赤い線が従来の住宅です。建設するときにそれなりのCO₂が発生してしまいます。それから、使えば使うほど住宅中でエネルギーを使いますので、右上がりにどんどんCO₂発生量がふえていきます。改修が必要になってきますので、そのときにもCO₂が発生してしまいます。

こうやってどんどん右上がりになって上がっていくわけですが、一方、今回のLCCM住宅を考えてみると、つくるときにはいろいろ工夫する必要があるって、若干CO₂発生量がふえる傾向があります。しかし、その後、使えば使うほど、先ほど右上がりだった線が右下がりになってどんどん減っていくということになります。改修の時期を少しずらして発生量を抑えることができます。それから、改修に必要なCO₂を工夫して減らすことができる。このようなことを積み重ねていくと、一番右端にありますように、点線になって、CO₂収支としてはマイナス、つまりライフサイクルのCO₂収支をマイナスにすることができるということになります。このようなコンセプトに基づいて、LCCM住宅を研究してまいりました。



では、具体的にLCCM住宅を達成していく上でどのようなことをやっていくか。まず、イニシャルCO₂の削減ということを考えました。これは、つくるときCO₂、どうしてもふえてしまうということはあるかもしれませんが、そのふえてしまう中でもなるべくCO₂発生量の少ない材料を選択してあげる、さらに使う量も減らしてあげる、こういったことを組み合わせてあげれば、できるだけCO₂発生量、イニシャルで減らすこと

ができるだろうということになります。



次に、ランニングCO₂削減ということになります。これは、実際に住宅を使っているとき、人が住んでいるときにどれくらいCO₂が発生するか、これをどのように削減していくかということになります。

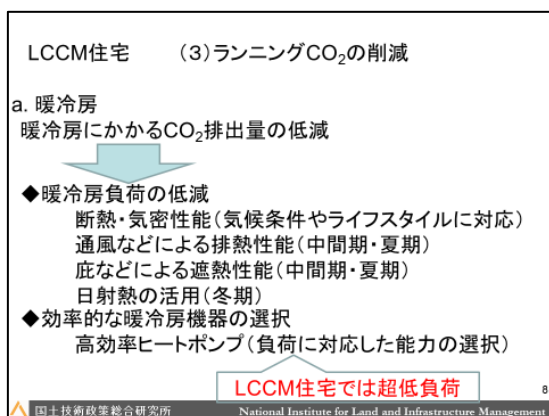
通常、大きくは3つの項目を挙げて説明されることが多いです。1つ目は、躯体の断熱、気密性強化ということでありまして、こちらは主に暖冷房の負荷を削減します。負荷というのは、暖房や

冷房をするときに必要なエネルギーを意味します。

続きまして、右上に高効率機器の導入と書いてあります。これは、エネルギー効率の向上と書いてありますけれども、暖冷房、もしくは照明など、いろいろな用途があるわけですが、その用途に対して同じエネルギーを使っても得られる効果が変わってくる場合があります。この場合に、なるべく効果の高いもの、効率の高いものを使うということで、消費エネルギーを減らすことが可能になってきます。

そして、3番目に再生可能エネルギーの活用ということになります。再生可能エネルギーですから、基本的にCO₂は発生しません。ここに風車の絵と太陽光発電パネルの絵が描いてありますけれども、どちらもこれを使うときにはCO₂は発生しません。それぞれのデバイスをつくるときにはCO₂が発生しますが、使っている間にCO₂は発生しないということになります。このようなものをなるべく活用しようということになります。方法としては、ここに書いてありますけれども、建築的な手法や設備的な手法が考えられます。再生可能エネルギーといっても、ここに書いてあるように、電力を発電するだけではなくて、例えば通風をとるといったものもありますので、そういったものは建築的手法ということができると思います。

さらに、これとは別に、実は中で住んでいる人の使い方が大きな影響を与えます。ですから、これも少し工夫することでランニングCO₂を減らすことができるだろうということになります。

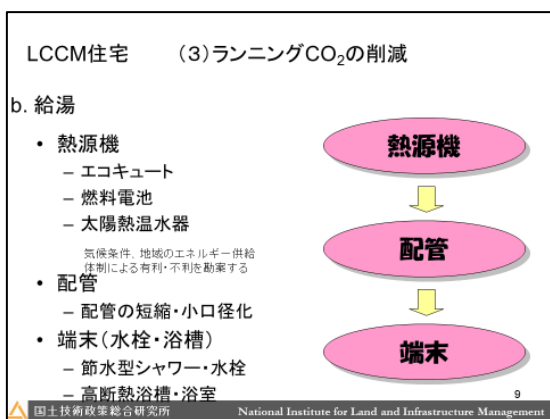


さらに、ランニングCO₂につきまして細かく考えてみますと、まず暖冷房に係るCO₂削減、排出量を減らすにはどうしたらいいかということを考えてみます。まず暖冷房のために必要なエネルギーを減らすということで、そのために断熱や気密性能をよくしてあげるということをして、これを基本的に上げるということで、暖房や冷房の負荷を減らすことができます。そのほか、先ほど出てきました通風をとる話。もしくは、ひさし

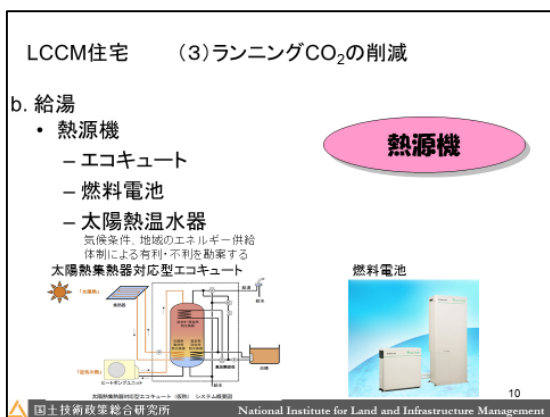
をうまく使ってあげることで、余計な日差しが入ってこないで冷房負荷を減らすことができる。さらには、冷房とは逆に日射熱をどんどん取り入れて、暖房のエネルギーを減らすことが考えられるわけです。

さらにもう1つ、高効率の機器を使うという方法もあります。こちらは基本的にはヒートポンプ（エアコン）を使うのが大変効率が高いです。これをうまく使ってあげる。ただのヒートポンプではなくて、高効率のタイプです。さらに括弧内に書いてありますけれども、負荷に対応した能力の選択と書いてあります。これもヒートポンプを使う上では非常に重要な選択の基準となります。

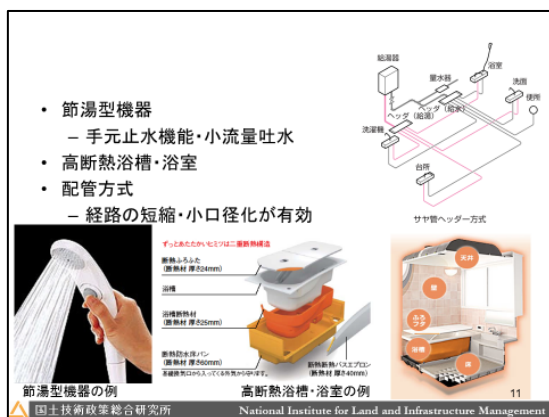
特にLCCM住宅で超低負荷と書いてありますけれども、負荷に応じた能力のヒートポンプを使えば、当然能力を発揮することができます。暖房や冷房をするときの効率、COPと呼んでいますが、これは随分変わってしまいますので、なるべくCOPの高いところを使うことができるように注意する必要があるということです。



続きまして、給湯です。給湯も比較的大きなエネルギー消費を要しております。給湯に関しては、ここにありますように熱源があって、それを配管でお湯を運んで、さらに端末で使うということになりますので、それぞれに対していろいろな省エネ手法があります。



熱源機に関しましては、こちらにありますようなエコキュートがあります。これもヒートポンプを使ってお湯を沸かすタイプで電力を使うタイプ。それから、最近出てまいりました燃料電池、さらに太陽熱温水器といったものを組み合わせたりして使うことで、エネルギー効率を大変上げることができます。



こちらは、配管とか端末部材ということですが、なるべく細い配管を使う。ヘッダーを使うということで、お湯の使用量を減らすことができるといわれていますし、そのほか手元の水栓でもいろいろな削減手法があります。

LCCM住宅 (3)ランニングCO₂の削減

c. 照明

発光効率(運用時エネルギー消費量:建設当時)
 白熱電球 >> LED電球・電球形蛍光ランプ

1時間当りに換算したCO₂排出量(ライフタイムトータル)
 白熱電球 >> 電球形蛍光ランプ > LED電球

12
 国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

続きまして、もう1つ照明についてもご紹介しますが、LCCM住宅の検討を開始した当時ですと、この上の式にありますように、白熱電球に比べてLEDや電球形蛍光ランプのほうが圧倒的に消費エネルギーが少ないということでした。ただし、これは建設当時のことで、現状では蛍光ランプよりもLEDが高効率化しています。

もう1つ考えなければならないのは、1時間当りに換算したCO₂の排出量。ライフタイムで

どうなっているかということです。こちらで考えてみますと、蛍光ランプに比べてLEDのほうが圧倒的に寿命が長いということがありますので、この2つを並べてみたときに、建設当時、デモ住宅をこれからご紹介しますが、そのときにもLEDを選択したということになっております。



ここから、今申し上げた概念によって、実際にLCCがどのようにでき上がるかということを確認するために行った住宅のデモンストレーションについてご紹介させていただきたいと思います。

建物は、つくばにあります共同研究開発先の建築研究所の敷地の中に建てられたものでして、4人家族が住めるということを想定した住宅になっております。

LCCM住宅デモンストレーション棟

建築概要

- ・延床面積 : 143㎡(2階建て)
- ・工法 : 木造在来工法
- ・基礎 : 布基礎、高炉セメント
- ・軸組 : 国産材
- ・断熱 : 次世代省エネ基準(H11)Ⅱ地域相当
- ・開口部 : 木製気密サッシ＋樹脂サッシ、木製日射遮蔽ルーバー、断熱スクリーン
- ・ガラス : 真空ガラス
- ・屋根 : 金属板葺き
- ・外壁 : サイディング・金属パネル・木羽目板
- ・床 : 無垢板フローリング

14

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

LCCM住宅デモンストレーション棟

設備概要

- ・太陽光発電パネル: 約8kw
- ・ヒートポンプ式エアコン(2.2kw × 2 + 2.8kw × 1)
- ・太陽熱集熱器対応エコキュート
- ・家庭用燃料電池
- ・LED照明(多灯分散)
- ・コンロ(IH＋ガス)
- ・HEMS(Home Energy Management System)

15

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

うことではないかもしれません。

詳細はこちらに書いてあるような内容になっておりまして、太陽光発電パネルは約8キロワットということで、通常、3キロから4キロぐらいの発電パネルを積んでいるところが多いわけですが、それに比べるとかなり大きな発電パネルを積んでいたということでもあります。

最近では、かなり大きな発電パネルを積んでいる住宅も普通に出ていますので、当時は非常に大きなものだったのですが、最近では特別大きいとい

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



16

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

住宅内の空気の流通をとるためには、上部方向に高さの差があったほうが有効に活用できますので、それを稼ぐためにこのような換気塔をつくったということです。

右下にボリュームを抑えた基礎と書いてあります。これは、イニシャルのCO₂発生量を減らすということを目的にしまして、通常、住宅ですと基礎にコンクリートを使うわけですが、コンクリートというのはCO₂発生量が非常に多いものですから、これを少しでも減らそうということの一環としてこのようなことを行いました。

こちらは正面からみた写真になっておりまして、真南を向いた住宅になっております。窓が大変大きくあいております。これがこの建物の1つの特徴です。これは、太陽熱を取り入れる大開口と書いてありますけれども、冬場にここから日差しを取り入れることで、暖房のエネルギー使用量を減らそうということを想定しております。

次に、後ろに塔が2つ建っております。この塔は、通風に活用する換気塔と呼んでおりまして、

そして、左のほうにも太陽光発電パネル8キロワットと出てまいりましたが、これは先ほどご紹介したものです。

それとあわせて、屋根の一番奥の真ん中には、太陽熱温水パネルも用意してあります。これももとは太陽の熱ですから、再生可能エネルギーを活用しようということの一環になっております。そして、両サイドには光や風を取り込む袖壁というのを用意しまして、これを活用して、風や光が入ってきやすいような住宅内にしてあるということです。



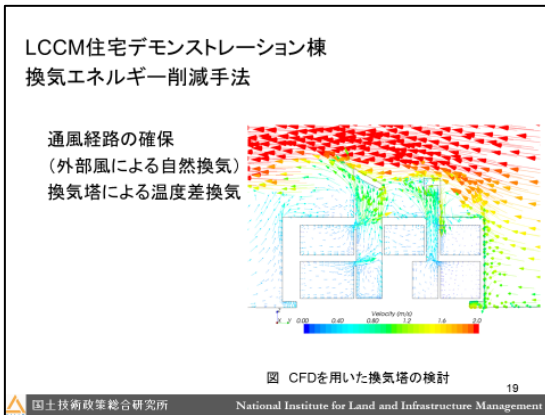
これは、後ろからみた風景ということでして、中央に換気塔が2つ建っているのがよくわかると思います。



こちらは、給湯に関しましてですけれども、東京付近の温暖地域で通常の住宅の中で使われるエネルギーとして一番多いといわれておりますので、これは非常に気にしていたところで、給湯器を2つ用意しました。1つは、太陽熱利用型エコキュートと呼ばれている左側のものでして、普通のエコキュートではなくて、屋根に乗っていた太陽熱温水パネルの熱も同時に使えるという少し変わったタイプの給湯器ということになります。

す。

右側にありますのが燃料電池でして、当時、最新型のものを入れたということでして、これもエネルギー消費削減には非常に効果が期待できるというものです。LCCM住宅には2つとも必要というわけではなくて、電気のタイプ、ガスのタイプ、最も効率のよさそうなものを入れて、それぞれの効率を確認するという作業を行いました。



ということを期待しております。



うな形になっていますが、右側の夏モードのときには、白いルーバーを全面に出してしまっ、日射が下に入ってくるににくいようにするという工夫をしているわけです。



にしまして、日射熱が入ってくるににくいということです。

これはたまたま撮った写真が真夏の時期ではなくて、太陽光度の低い時期だったので、床の上に太陽光が入ってきているようにみえますけれども、夏に撮ってあげれば、この中に入ってくる日の部分が影になってしまいまして、完全に遮ることができるというものになっております。

通風に関しましては、このようなコンピュータによるシミュレーションを行いました。通風が欲しくなるような夏の前、もしくは夏の後ぐらいのシーズンには、比較的東西方向の風が多く吹くということがわかっていましたので、それを想定したシミュレーションを行いますと、通風塔の真ん中に圧力が下がる領域ができるということがわかってまいりましたので、これを活用することで、換気のためのエネルギーも削減できるだろう

もう1つ、この建物をつくる上で、衣替えする住宅といったことを1つのコンセプトに挙げました。普通、人は暑い時期と寒い時期で着るものを厚くしたり薄くしたりして、それぞれの暑さ、寒さに対応するわけですが、住宅自体が同じようなシステムができないかということで、このように夏と冬で少し使い方が違うことを想定いたしました。みていただきますと、左側のほうは窓から日が十分入ってくるよ

具体的にならみますと、このような状態になっていまして、これは夏モードと呼んでいます。外側に白いルーバーが横に走っているのがみえると思います。ルーバーの外側に窓があるわけですが、これを開放します。そのかわりに、開放したところのすぐのところはいわゆる縁側空間になっていまして、さらにその内側にもう1つスクリーンがありますので、これを閉めてしまいま。スクリーンの内側だけが冷房空間ということ

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



冬モード(集熱時)

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

22

一方、冬するときにはどうするかということですが、先ほど引き出していた白いルーバーを全部中央にしまっけてしましまして、日射が十分中に入ってくるようにする。そして、内側のスクリーンをあけてしましまして、部屋全体を日射熱で温めることができるというシステムです。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



冬モード(暖房時)

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

23

ただし、日が沈んでしまうとそのようなわけにはいきませんので、そのときには先ほどの夏にも使っていた内側のスクリーンを閉めてしましまして、暖房する空間を少しでも小さくするという工夫をしています。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



冬モード(暖房時)

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

24

また、日が沈んでしまいますと、窓面というのは壁に比べると断熱性が非常に低いです。つまり、熱は逃げやすいです。日射は入ってくるからいいのですが、中の熱が外に逃げやすいということになりますので、それを少しでも防ごうということで、右側の写真にありますようなスクリーンをおろしてあげます。空気層が間にあるようなハニカム・サーモスクリーンというタイプで、これを使うことで断熱性も多少は確保してあ

げることができるということになっております。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



通風モード時

25

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

さらに、先ほど出てまいりました通風も活用するシーズンもあります。そのときには、このようにルーバーを出してあげるわけです。廊下の奥に黒い部分があると思います。これは、実は床下からの風を取り入れる口になっております。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



通常時



通風モード時

26

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

それがこの次の写真になりまして、通常は閉めているわけですが、開放することができますので、床下を通ってきた冷たい風をここから部屋の中に取り入れることができます。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



換気塔(玄関上部)

27

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

さらに、入ってきた風は、先ほどご紹介した通風塔、屋根の上にあるわけですが、ここから上に行くことができます。ちなみに、右の写真では半分ぐらいのところまで閉めてあるのですが、実際には全部開閉できるようになっておりまして風が通るときにあげておけばいいのですが、暖房や冷房をするときには、せっかく温めた空気が浮いてしまう、もしくは冷房のときにはせっかく冷ました空気が下におりてきてしまうという無駄な動きがありますので、それをスクリーンを閉めることで止めることもできます。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

こちらは、照明に関する内容でして、壁が明るいと比較的明るさを感じやすいということがありますので、LED照明を使って、そのような効果を期待してこのような照明になっています。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

これは、2階。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

これは、外からみるとこのような状況になっています。

LCCM住宅デモンストレーション棟における測定

建設時CO₂の調査



国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

31

以上のようなことで、実際にCO₂発生量がどうなっているかを確認した作業がこちらからの写真になりまして、これは建設時にどのぐらいCO₂が発生したかということです。廃材も出てきますので、廃材などもちゃんと重量計を使ってはかることで、どれくらいCO₂が発生しているかを正確に確認しました。

LCCM住宅デモンストレーション棟における測定

ランニングCO₂の調査



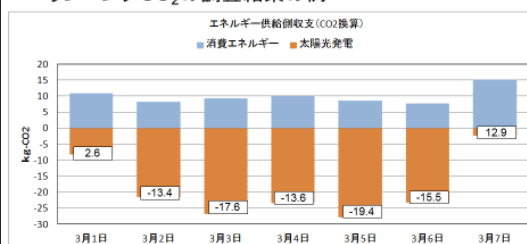
国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

32

そして、ランニングに関しましては、学生さんに夏の時期、冬の時期、中間期ということで、しばらく中に滞在してもらって、実際に生活スケジュールを再現することで、どれくらいCO₂が発生するかを確認いたしました。

LCCM住宅デモンストレーション棟における測定

ランニングCO₂の調査結果の例

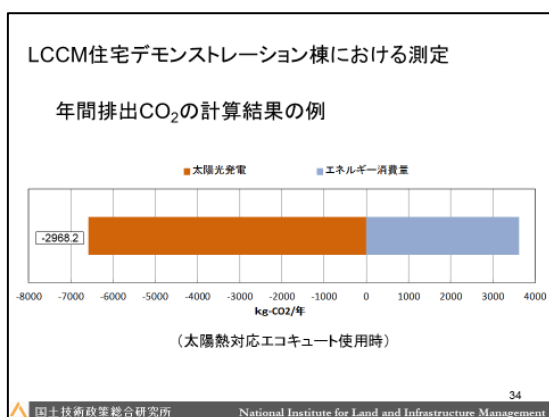


国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

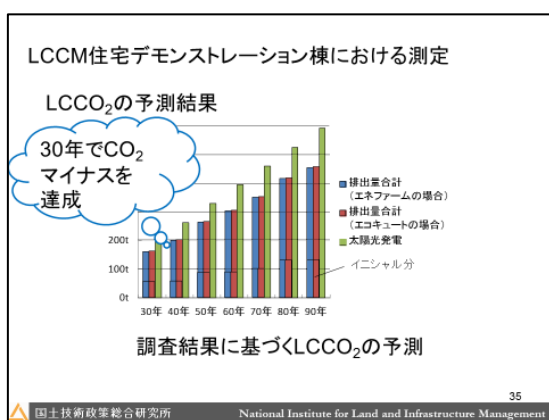
33

こちらは、ランニングのときの結果ということです。これは3月の結果ですが、下が太陽光による発電量で、上が実際使ったエネルギー量ということになります。この辺 (3/1~3/6) は大変天気がよかったので、発電量が多いですけれども、こちら (3/7) は天気が悪い日でしたので、発電量が少ないです。さらに寒い日でしたので、暖房のためのエネルギー消費をたくさん使っています、こんな形となっています。当然、日によ

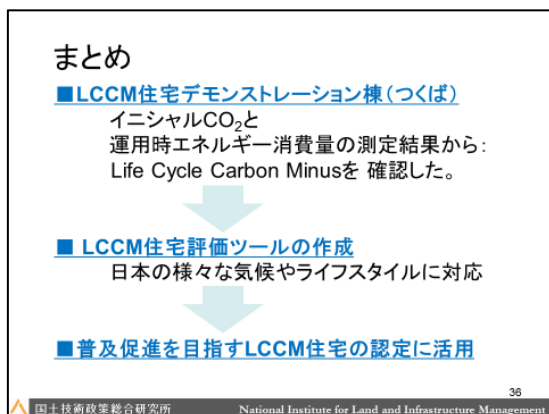
って多かったり少なかったりするわけですが、トータルで見れば橙色の部分が全体的に多いです。



年間展開しますとこのような形になりまして、使ったエネルギーに対して、太陽光で発電した量が大体倍近くあったということが確認できました。



これを総計いたしまして、将来的にどうなるかということ積み上げたものがこちらになっています。緑の棒が太陽光発電で発電した総量ということになりまして、赤の棒と青の棒が実際に使ったエネルギーということですが、実は30年で既に緑のほうが大きくなっていますので、30年以降使えば、LCCMのマイナス分を大きくすることができるとことが確認できたわけです。



最後にまとめになりますけれども、こちらにありますように、LCCM住宅という概念を考えまして、デモンストレーションをつくばでつくって、実際にライフ・サイクル・カーボン・マイナスが可能であるということを確認したというのが1つ目。

こちらで確認した内容、計算方法といったものをLCCM住宅の評価ツールの作成ということにもつなげまして、今回、つくばの気候ということになりましたが、そのほかの気候でも対応できるようなものをつくりました。

さらに、できました評価ツールを用いまして、LCCM住宅の認定ということにも活用されるという状況になっております。

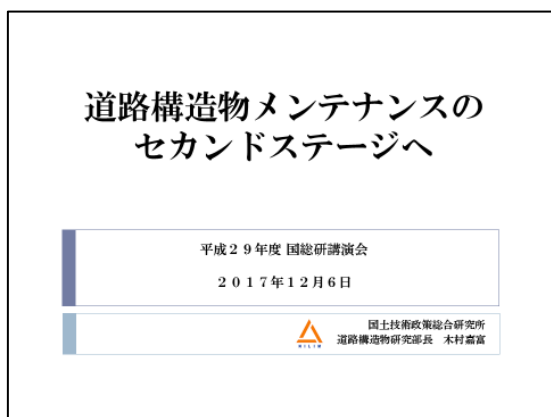


以上で私からの発表は終わりにさせていただきたいと思います。

—了—

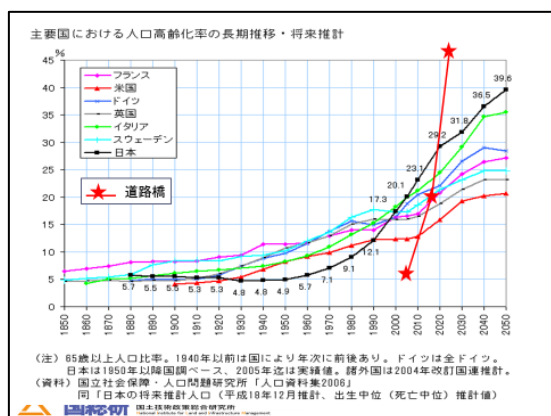
3.10 道路構造物メンテナンスのセカンドステージへ

(道路構造物研究部長 木村 嘉富)



ただいま紹介いただきました道路構造物研究部長の木村でございます。よろしくお願いいたします。5時を過ぎておりますが、もう1コマだけお付き合いいただきたいと思います。

本日は、「道路構造物メンテナンスのセカンドステージへ」と題し、先ほどの下水道や空港に引き続き、橋やトンネルといった道路構造物の維持管理への取り組みについて紹介させていただきます。

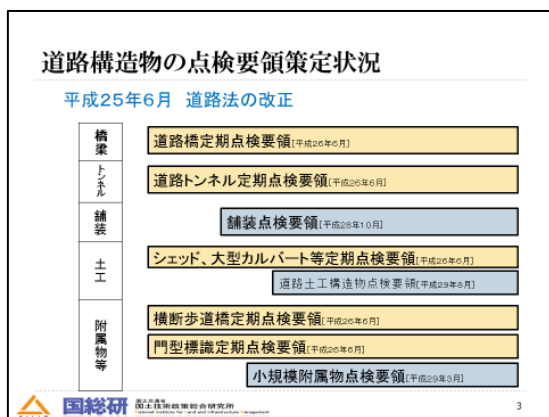


この図は、お手元にございませんが、主要国における人の高齢化率の推移を示したものです。一番左側が1850年で、2050年までの将来予測も含めて示されています。線がいっぱい入っています。色がついているのが欧米各国の高齢化率の推移です。黒が日本の高齢化率です。急速に日本人の高齢化が進んでいるという状況が分かります。高齢化率が高くなると、病気も増えてきたり社会保障費等も増加する一方で若い人が少なくなり、い

ろいろな社会の仕組みを変えていく必要があります。税金の負担のあり方も含めて変えないといけないということで、色々な議論が進められています。

この図に、インフラの高齢化として道路橋の例を星印で記載してみました。道路橋で建設後50年以上経過したものの比率です。こんな勢いで急速に高齢化が進んでいきます。今、2017年ですからちょうどこの辺ですか。3割ぐらい、人の高齢化と同じぐらいの状況になっております。

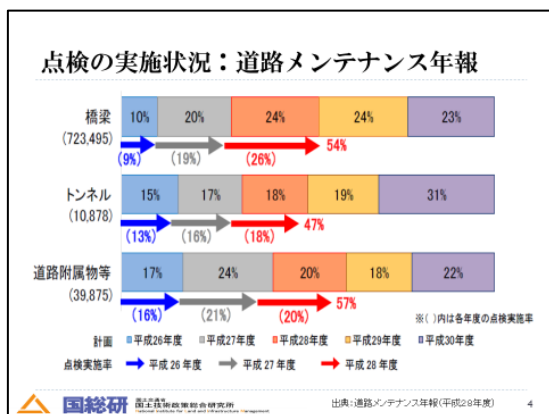
土木研究所では2008年に構造物メンテナンス研究センターCAESARという組織が設立されています。ちょうどこの辺りです。私も設立時に所属していきまして、当時は今やれば間に合う、と思って取り組んでいました。それから10年近く経過し、高齢化率が上昇する一方、その間、定期点検も含めた制度や技術開発も積極的に進められています。



り組んでいます。

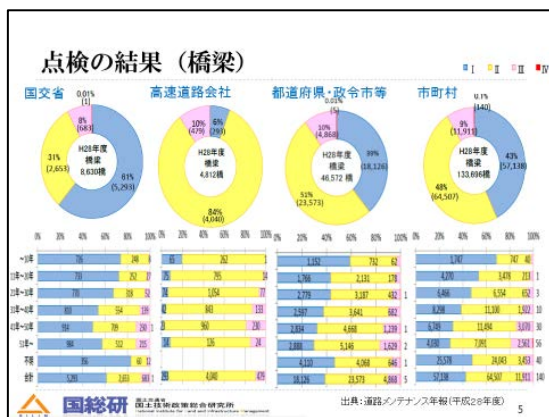
点検要領については、まず第1弾として、橋梁、トンネル、シェッド・大型カルバート、横断歩道橋、門型標識の5つの構造物について、定期点検要領を定めています。これらの5つの構造物は、万が一落橋したり、トンネルが崩れますと、利用者を巻き込んでしまいます。重大な損傷が生じた場合に人命等に影響が及ぶものについては、5年に1回、必要な知識・技能を有する者が、手で触れる程度まで近づいてしっかりと点検しようと定められています。

それ以外の構造物についても、高齢化に対応する必要がありますので、逐次、点検要領を定めています。去年の10月には舗装、ことし3月には標識や照明柱等の小規模附属物、夏には土工構造物について定めています。全ての道路構造物について点検のルールを定め、実施をしているという状況です。これがファーストステージといえます。



点検結果については、毎年「道路メンテナンス年報」としてとりまとめ、国交省のWebで公開されています。ここでは、28年度までの点検結果等について紹介します。

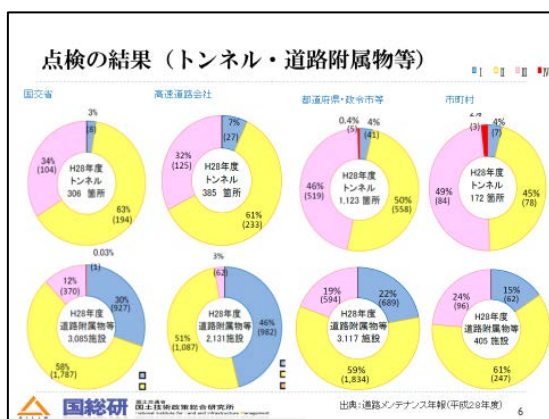
こちらは5年間の点検計画と、実施状況です。国のみならず市町村も含めた全道路管理者の合計です。26年度は、年度途中から点検が始められたため低くなっていますが、計画に従って着実に点検が進められています。



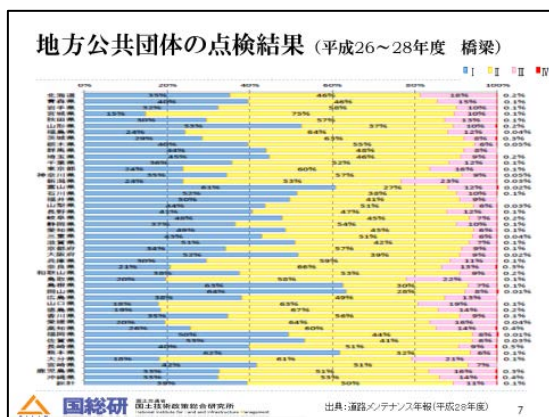
点検結果の一部を紹介します。28年度の橋梁の結果です。国交省、高速道路会社、都道府県、市町村ごとに、橋の状態がどうなっているのか示しています。色分けしています。水色が判定区分Ⅰで、健全なもの。黄色はⅡで、予防保全段階。何らかの損傷があるけれども、機能に支障が生じておらず、次の点検まで経過をみましょう、経過観察でいいですねというもの。ただし、予防保全の観点からは措置を講じた方がよい。人も同じです

が、病気が重くなってから治療するよりは、軽いうちに、早期の段階で治療すると、手術などの痛い思いをしないですむ、経費も安くすむというものです。ピンク色はⅢで、早期措置段階。構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に、次の点検までには直しましょうというもの。それから、ほとんどありませんけれども、赤色はⅣの緊急措置段階。構造物の機能に支障が生じている、あるいは、生じる可能性が著しく高く、すぐ通行止めや荷重規制等の対策をしてくださいというものです。図の下方には、経過年数毎の判定区分の比率を示しています。

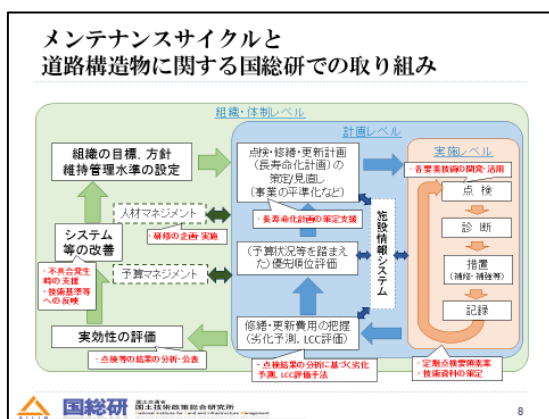
管理者が異なっても同じような傾向となっていますが、高速道路会社だけが他に比して黄色のⅡが多いという状況になっています。高速道路は、交通量も多く、使われ方も激しいかなと思いますし、また、軽微な損傷もしっかり見つけているというところもあろうかな、と思っております。



こちらは、上がトンネル、下が道路附属物です。トンネルは橋とは状況が異なり、Ⅱの黄色、あるいはⅢのピンク色が多くなっています。トンネルでは、1キロとか2キロ、3キロの長い区間の内、1カ所でもコンクリート片が落ちてきそうであれば、措置が必要になるという状況等のためと思われます。横断歩道橋や標識といった道路附属物は、橋よりやや健全性が悪いという状況です。



の、一方、秋田県と山形県、島根県と鳥取県も同じような条件と思われます。私は島根の出身ですが、鳥取県と場所を間違える人もいるぐらいです。しかしながら、両県で随分傾向が異なっています。まだまだ点検が始まったばかりですので、もう少し点検技術、診断について蓄積が必要かなと感じています。



このように定期点検が進められている中で、国総研でも道路構造物の維持管理について、いろいろ取り組みをしています。こちらは、ISO55000シリーズ、アセットマネジメントのISOに従って整理したものです。メンテナンスにおいては、点検、診断、措置、記録という個別構造物でのメンテナンスサイクルを回すというのは当然ですが、中程に示す、1段階上、国交省の国道事務所レベル、県レベルでは、管理している100とか200の構造物群のメンテナンスサイクルをいかに回していくのかという計画をつくる必要があります。さらに一番外側は、本省レベルとなりますが、政策としてうまくいっているのかも考える必要があります。このように、3つのサイクルを回さないといけないというのが55000シリーズの概念です。この中で国総研としても赤字で示したようないろいろな取り組みを行っています。

点検要領検討

- 点検要領の策定・改訂
- 点検要領の策定・改訂
- 点検要領の策定・改訂

研修支援

- 初級研修企画・支援 (H26-28 3,400名)
- 研修資料公開

技術相談

- 不具合等への技術相談
- 直接相談 (H26以降、10施設 技術者集団共同)

知見の共有

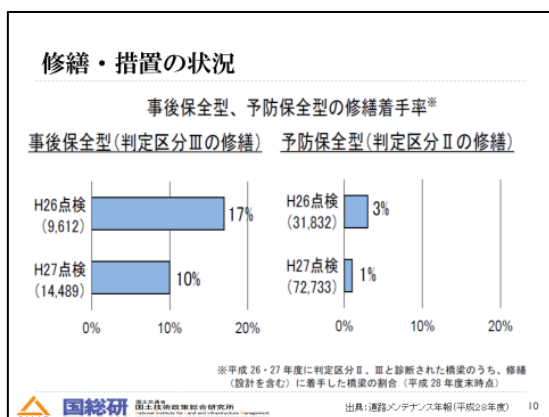
- 土木技術資料 現場に学ぶメンテナンス
- 点検必修

お手元でも細かい図となっており恐縮ですが、都道府県毎に点検結果を比較したものです。県や市町村等が管理する橋梁の状態を整理しています。日本列島は南北に長く、地域によって環境が大きく異なっていますので、当然、差が生じています。よくみますといろいろなことがみえます。例えば栃木県と群馬県、岐阜県と長野県、同じような地形、環境でございますので、結果についても大体同じような傾向になっております。そ

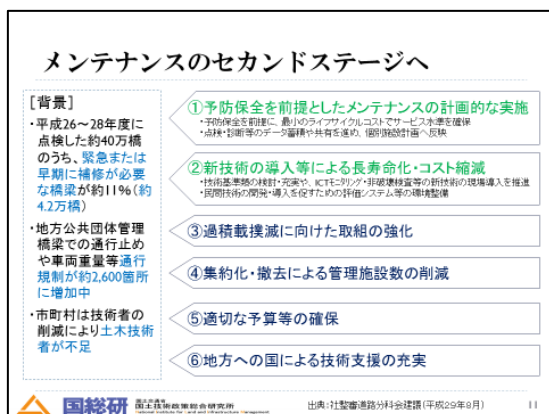
このように定期点検が進められている中で、国総研でも道路構造物の維持管理について、いろいろ取り組みをしています。こちらは、ISO55000シリーズ、アセットマネジメントのISOに従って整理したものです。メンテナンスにおいては、点検、診断、措置、記録という個別構造物でのメンテナンスサイクルを回すというのは当然ですが、中程に示す、1段階上、国交省の国道事務所レベル、県レベルでは、管理している100とか200

点検を確実に実施して頂くための取り組み例を紹介します。点検要領の素案を検討するほか、点検を行う者の研修を支援しています。点検を着実に実施するために、5年間で5,000人の研修を行い、技術者を育てようという方針が示されています。毎年1,000人ずつの研修等をお手伝いしております。研修に用いるテキストや実技のポイントについても国総研のWebで公開しています。また、

損傷が見つかった橋に対して相談を承りますし、その相談によって集められた知見についても、例えば国総研が編集協力しています「土木技術資料」において「現場で学ぶメンテナンス」というコーナーを設けて、ノウハウ等を皆さんに提供しています。



なかなかまだ対応できていない状況と認識しています。



いかに効率的に実施するかが重要となります。また、点検して終わりではなくて、点検した後、効果的な措置をどうやっていくかがポイントになってまいります。

既に、残された私の講演時間が少なくなってきましたが、各構造物においてどのような取り組みをしているのかを紹介させていただきます。

点検について紹介してきましたが、点検は目的ではなくて、しっかりと維持管理するというのが目的です。点検した後、ちゃんと直せているのかが重要です。健全性の判定区分がⅢとされたものは、次の点検までには直しましょうというものです。これについては、図の左側のように、実施されつつあります。その一方、右側のⅡ予防保全と判定されたもの、早い段階で直せば安くできますという予防保全については、

現在の状況としては、点検を始めたファーストステージの段階です。点検が進むと損傷が生じているものが把握されます。市町村等を含めて、通行止め、通行規制のものも増加しています。その一方で、市町村では土木技術者が不足しています。このようななかで、国交省からメンテナンスのセカンドステージへとして、今後の取り組みとして6つの政策が示されています。

技術面でいきますと、新技術も活用し、点検を



最初は、藤沢先生が格好いいといわれた橋梁で
ございます。

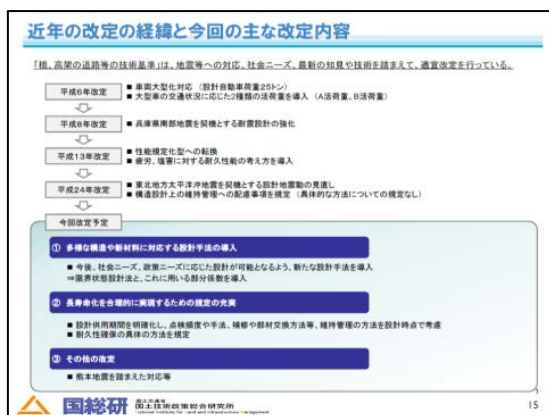


二つの橋梁の写真、私が撮影した写真です。
改めて思ったのですが、藤沢先生がおっしゃっ
たように下から撮っていますね。どちらも沖縄
の橋で、かなり劣化して、鉄筋がむき出しにな
っています。この橋をこのまま通して大丈夫な
のか、どうやって対策をすればいいのかを、道
路管理者が判断しなければなりません。これの
ような技術がまさに求められています。

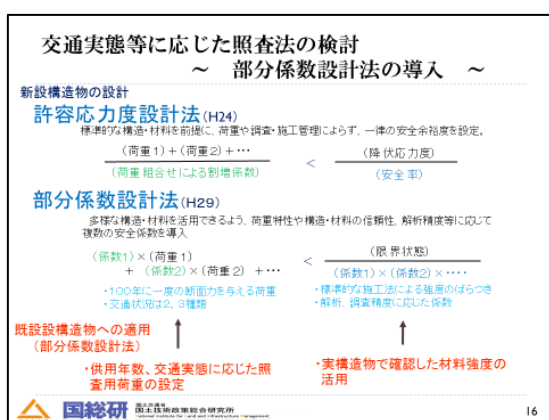
お手元には掲載しておりませんが、高速道路を
またいでいる跨道橋での事例です。ゲルバー形式の橋で、桁を受けている部分においてひび割れが
みつけられました。コンクリート片が落ちましたので、通報があつて、技術者が確認しています。そ
の1時間後か2時間後に落橋してしまったという事例です。まさに点検、診断は非常に影響が大き
い技術といえます。



国総研では土木研究所と連携しながら、損傷が
みつかった構造物に対して、耐荷力照査法や補修
補強設計法について研究しています。非破壊検査
も含む損傷状況の調査法、損傷を考慮した部材の
耐荷力評価法、交通実態に応じた照査用荷重設定
法、補修・補強時の限界状態や安全余裕度等です。



このうち、安全性の照査や補修・補強設計について紹介させていただきます。新設の技術基準である道路橋示方書が、今年の7月に改定されました。細かくて済みませんけれども、ポイントとしては、許容応力度設計法から限界状態設計法、部分係数設計法への移行です。今さらかといわれます。鉄道では20年以上前に変わっていますし、港湾でも変わっておりますけれども、やっと道路橋がこの7月に変わりました。



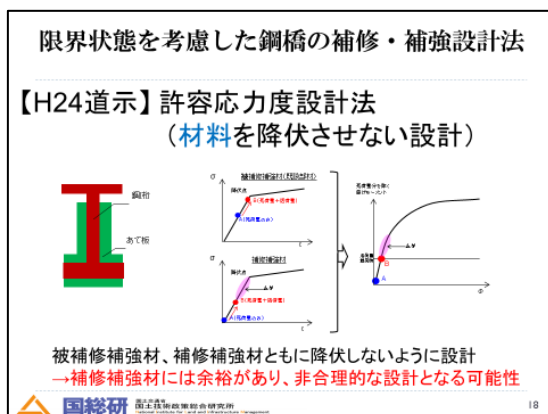
ご存じのとおり、許容応力度設計法においては様々な不確定要因を一つの安全率で処理しているのに対し、部分係数設計法においては荷重係数、抵抗係数というように、不確定要因ごとに安全係数を設定しています。

新設においては、これまでつくってきた橋と大体同じような橋ができるように部分係数を調整していますので、従来の構造や材料においては直接的なメリットは少ないかなとは思いますが、既

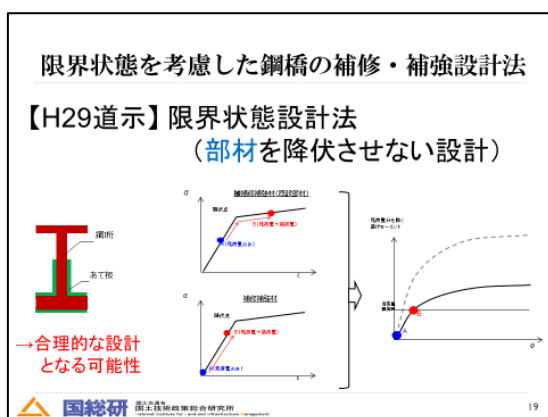
設橋の照査においては、その特徴を活かすことができます。設計する段階では使用材料や施工法が決定されていないので、ある程度の安全余裕度を確保していますが、既設構造物では、確認された事項についてはその分の余裕度を削ることができます。荷重についても、あと何年使いますかとか、交通実態に応じて適切な荷重を設定することができます。このような部分係数設計法を既設橋の照査でうまく活用したいと思っております。



補修・補強について。この写真も下から撮影していますね。鋼橋の主桁において、既設部材に鋼板を当てて補強しています。その場合の設計法についての事例です。

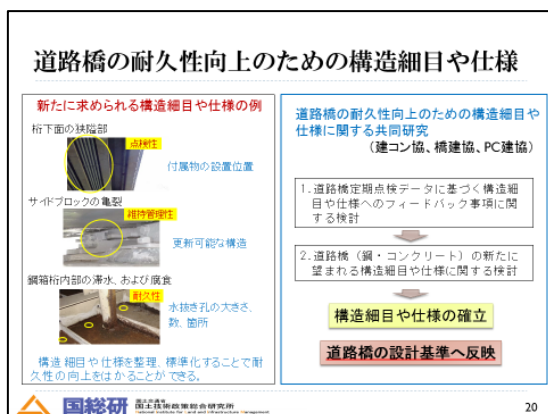


今までの設計法である許容応力度設計法は、局部的な応力度、つまり、材料に着目しています。全ての部位において、材料を降伏させないという設計法をとっています。このため、既存の当て板においても発生する応力度を許容応力度以下に抑えるようにするためには、発生ひずみを抑えるために剛性を上げる必要があり、相当厚い板を当てることとなります。その際は、緑色の当てた板には余裕が生じてしまいます。

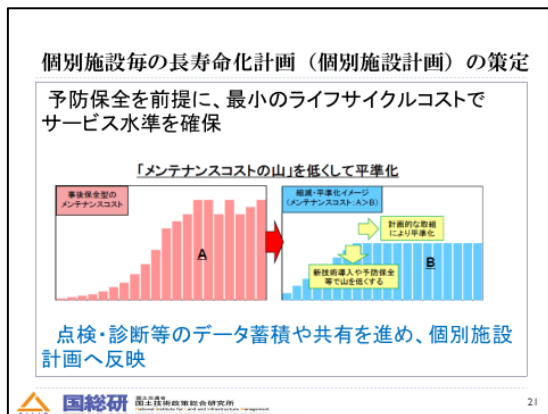


本来は、橋全体として所要の耐荷力があればよく、それを構成する桁として持てばよいという概念が可能です。具体的には、部材断面として降伏させないという設計です。元の鋼I桁の部分は若干降伏を超えていても、補強された断面全体として降伏範囲以内とするというものです。ただ、そのためには、塑性設計を導入しないといけませんので、現時点ではできないところ です。道路橋示方書が改定されたことによって、

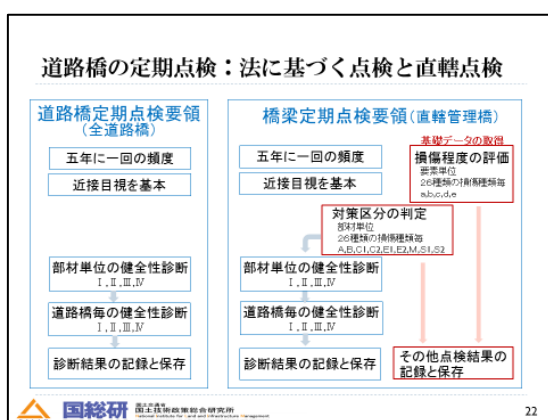
こういう設計体系が可能になりますので、今後、これらについては共同研究等で進めていきたいと思っております。



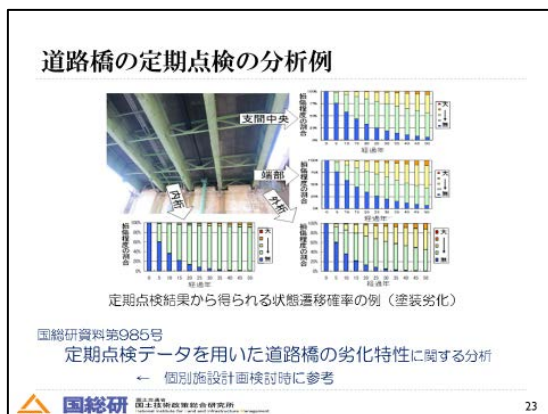
また、これから建設していく橋については、長持ちするもの、維持管理しやすいものとする必要があります。既存の橋をみると、左側のように、点検しにくかったり、補修する作業スペースがなかったりするものもあります。また、水に対する配慮が不十分な事例もあります。これらに配慮した具体の構造について、関係機関と共同研究で取り組んでいます。時間がないので、詳細は別の機会とさせていただきます。



個別の橋をどうするかだけではなくて、管理している多くの構造物をどの順番で直していくか、どう計画的に直していくのかということも大事です。そのため、長寿命化計画、個別施設計画を各管理者が策定しています。その際には各構造物、橋がどう劣化していくのかを予測して、最適な修繕計画をつくる必要があるわけですが、劣化予測のデータがなかなかないというのが現状です。

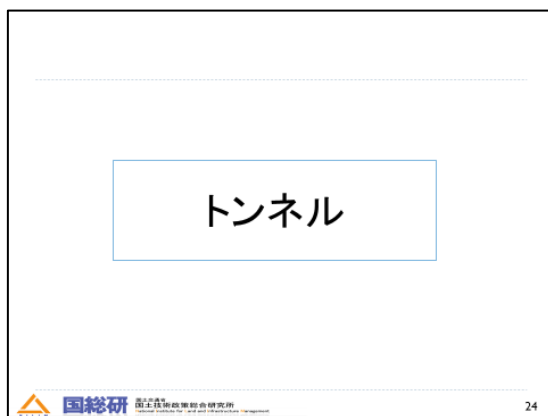


国においては、橋梁の定期点検の際に、健全性診断のみでなく、構成する部材毎、劣化現象毎に、損傷程度のデータを記録しています。平成16年度の点検から行っていますので、現在、3回目のデータが蓄積されつつあります。そのデータを分析することにより、個別部位ごと、劣化現象毎に、どう劣化が進行していくのかという劣化予測曲線を設定することができます。



このほど、この研究成果を国総研資料としてまとめ、公開しました。この図はその一例として、鋼橋の塗装の劣化について示したものです。外桁か内桁か、支間中央か端部かによって、劣化の進行状況が異なっています。このように、損傷の種類、部材の種類・位置、環境条件等の条件毎に272の劣化特性を整理し、劣化曲線を示しています。個別の施設計画をつくられる際には、参考にしていただければと思っております。

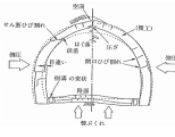
す。



次は、トンネルです。

トンネルの変状

①【外力】
トンネルに作用する**外力**によるもの
圧ざ、ひび割れ、変形等
(原因: 緩み土圧、偏土圧等)



②【材質劣化】
トンネル覆工のコンクリート等の**材質劣化**によるもの
ひび割れ、うき、はく離等
(原因: 中性化、ASR等)



③【漏水】
漏水自体が問題になるもの
漏水、土砂流入等
(原因: ひび割れ等+地下水)



トンネルにつきましては、その変状について、外力とか材質劣化、漏水というように、原因・事象毎に点検を行っています。外力の種類に応じて、覆工コンクリートに圧ざ、ひび割れ、変形等の現象が生じます。材質の劣化としては、橋のコンクリート部材と同様、中性化やASR等によりひび割れやうき、剥離等が生じます。また漏水は、損傷を見つける手段でもあります。土砂流入等、漏水自体が問題になることもあります。

ます。

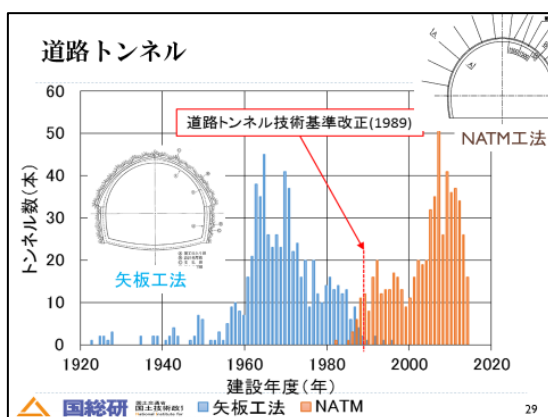
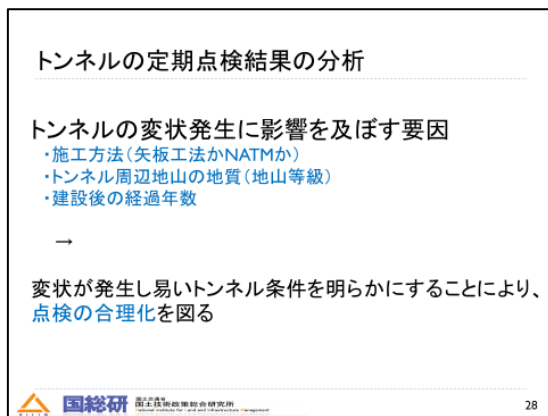
トンネルの変状例：付属物

変状写真	概 要
	【取付金具】 照明取付金具の腐食・欠損 落下の危険性がある
	【ボルト・ナット】 ボルト・ナットの腐食 落下の危険性がある
	【照明本体取付部】 照明取付金具の腐食・遊離 灰の付着 落下の危険性がある

トンネルにおいては、このようにトンネル本体に加えて、付属物の点検も重要です。換気や照明等の他、情報通信のためのケーブル等も設置されています。トンネル内は、湧水等により湿度の高い箇所もあり、写真の様に取り付け金具やボルト・ナットの腐食が懸念されます。付属物の落下やたるみによる車への接触が懸念されますので、これらの点検も重要です。



項目は少ないのですが、私みたいに 50 歳を超えると診断項目が増えてきます。

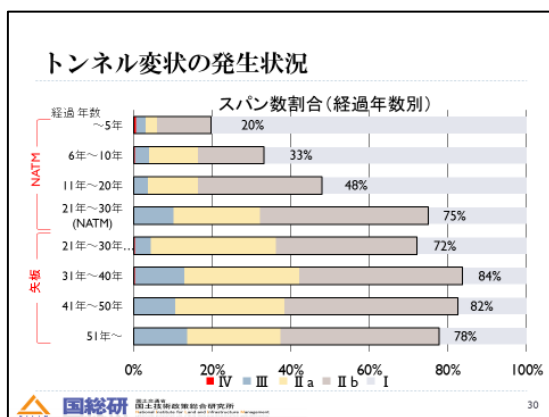


ています。

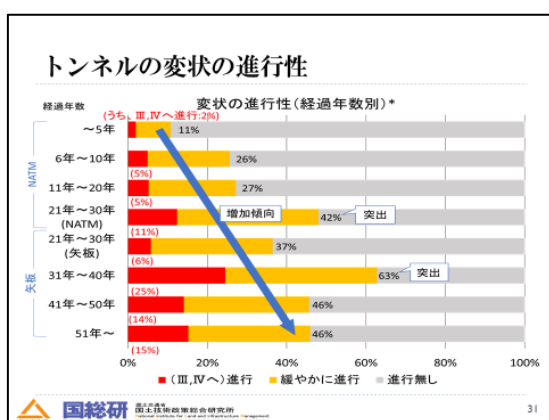
トンネルの点検作業は、この写真からも分かりますように、暗いところで上を向きながら点検をするということで、非常に大変な作業です。これをいかに効率化していくのかというのが求められています。先程の下水道で紹介がありましたように、どういふところをしっかりと点検すべきかという、メリハリがつけられればということで、点検結果の分析に取り組んでいます。人も同じですよね。年齢によって 20 歳、30 歳は健康診断の

トンネルについても、国交省管理分については平成 14 年度以降、点検を実施しています。先程紹介しました、外力、材質劣化、漏水といったトンネルの変状について、過去の点検記録との比較により、進行性があるかどうか、変状が発生しやすい条件とは何かを分析しています。変状発生に影響を及ぼす要因として、建設後の経過年数や施工方法、また、周辺地山の状況等に着目しています。

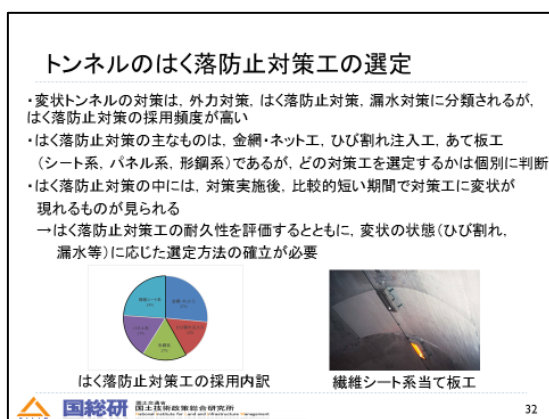
道路トンネルの施工法として、山岳トンネルでは、当初は矢板工法が採用されていましたが、技術開発や 1989 年の技術基準改正を契機に、近年では NATM 工法が用いられています。矢板工法とは、鋼アーチ支保工と矢板により地山を支持する工法で、内側の覆工コンクリートに外力が作用します。一方、NATM 工法では吹き付けコンクリートとロックボルト等により支持し、覆工コンクリートには一般的に外力は作用させない構造となっ



点検結果を分析しますと、矢板工法においては、経過年数が多いという理由もあるでしょうが、変状が多くなっています。NATM 工法では変状が少なくなっていますが、NATM 工法の導入初期においては若干変状が多くなっています。工法を開発する段階でいろいろな試行錯誤を積み重ねてきたというのがみてとれるかなと思っています。



トンネルの変状が前回の点検から今回どう進化したかどうかという観点でも分析しています。ほとんど進行しないところについては、5年に1回ではなくて、少し延ばしてもいいのではないかなという意見もあろうかと思います。ただし、事故が生じた場合には影響が大きいので、どこまで合理的に緩和できるかについては、今後また関係する方々と議論していきたいと思っています。



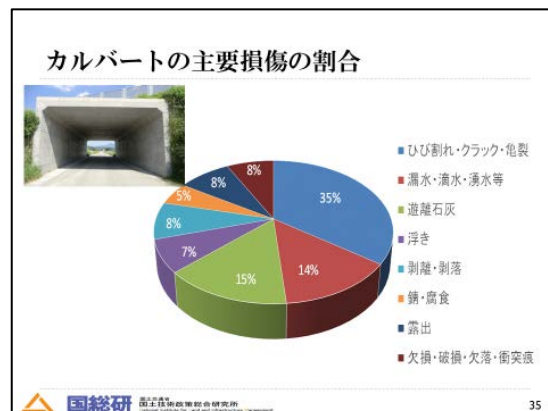
変状トンネルの対策としては、はく落防止対策採用頻度が高くなっています。対策工法としては、金網・ネット工、ひび割れ注入工、あて板工等があります。対策実施後、比較的短期間で対策工に変状が現れる事例も見られます。他の工法物にも共通する課題ですが、変状の原因や状態に応じた対策方法の選定法の確立や、対策工の耐久性の評価や対策後の点検も含む維持管理方法の確立が求められています。



次に、土工構造物でございます。



盛り土や切り土といった、土を盛ったり切ったりして道路を建設するのが土工です。土工構造物としては、切土・斜面安定施設や盛土、ボックスカルバートが該当します。土工構造物にもこの図の様に色々なものがある中で、大型のボックスカルバート、あるいはシェッドについては、中を車が通りますので、これについては5年に1回点検をしていこうという形で始めたところでございます。



大型ボックスカルバートの点検結果の事例です。鉄筋コンクリート構造物ですので、ひび割れが多くなっています。また、漏水や遊離石灰も比較的多く、土中にある構造物の特徴が現れています。

シェッド鋼部材の腐食

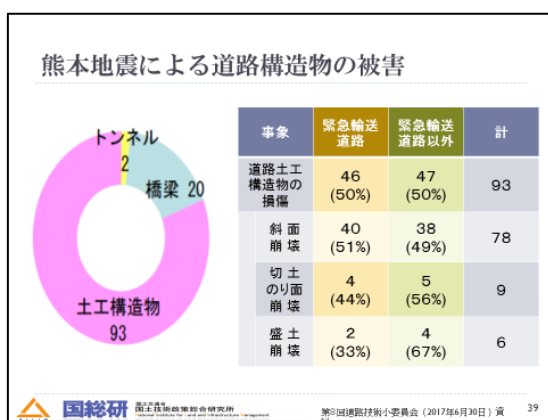
谷側柱基部においては、雨水や土砂堆積による湿潤状態となりやすい。
 特に山間部においては、凍結防止剤の散布により腐食する傾向にある。
 また、海岸部では谷側柱だけでなく、全体的に腐食が進行する傾向にある。

谷側柱基部 頂版

国総研 国土技術政策総合研究所
 National Institute for Land and Infrastructure Management

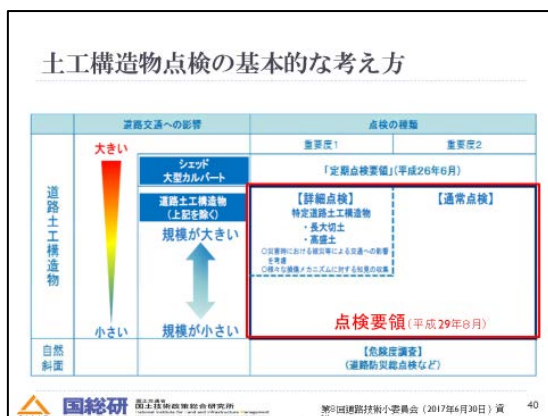
37

シェッドについては、鉄筋コンクリート部材と鋼部材とが用いられています。点検結果を分析しますと、やはりシェッドにおいては、水がたまりやすい、塩が付きやすい、泥はねがある、あるいは土が詰まっているところ等では、腐食が進行する傾向にあります。この写真の様に、谷側柱の基部や、頂版です。また、凍結防止剤や海岸部では、塩害が生じています。



平成26年度から始めた定期点検の対象としていない道路土工構造物の点検の考え方について紹介します。この図は、昨年の国総研講演会で、熊本地震の道路構造物の被害状況として紹介したものです。被害箇所数としては、土工構造物で多くの被害が生じています。ここで、着目していただきたいのは、緊急輸送道路とそれ以外の道路で土工の被害がどうだったのかというところ です。橋については、緊急輸送道路は

耐震補強しておりますけれども、土工については行っていないので、結果として、緊急輸送道路もそれ以外も同じような損傷状況となっています。



いざ大きな地震が起こったときに、土工部分の被災により長期間通行止めになるのはやはりよろしくありません。土工についても定期的に点検し、変状を見つけて対策を行うのが理想でしょうが、対象箇所が膨大で、全てを一律に点検するのは大変です。このため、今年の8月に定めた点検要領では、緊急輸送道路における概ね15m以上の切土のり面と、概ね10m以上の盛り土のり面を特定道路土工構造物とし、定期的

に点検することとしています。それ以外については通常の巡視の際の点検でいいですよとしています。多くの土工構造物の中で、災害時に復旧が大変なもの、社会的に影響が大きいものについては、定期的に点検をし、対策していきましょうというものです。災害発生時のリスクに応じた点検方法といえます。

5-1. 点検の方法

- (1) 詳細点検の頻度は、5年に1回を目安として道路管理者が適切に設定
(2) 詳細点検は、近接目視により行うことを基本

○各施設の点検における着眼点を別紙で提示

別紙1 切土又は盛土を構成する各施設の点検における着眼点

- (1) 切土 (ウ) グラウンドアンカー
- ① アンカーの支圧板、受圧構造物の亀裂、破損 (状況に応じて適宜、打音検査を行う)
 - ② アンカーの頭部キャップ、頭部コンクリートの破損、防錆油の流出
 - ③ アンカーの頭部からの遊離石灰の溶出、湧水、雑草の繁茂



アンカーの頭部からの
海水抽出の断片の例



受圧構造物の破損の例

5-2. 点検の体制

詳細点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者がこれを行う

点検要領でもこのような留意点、点検のポイント等を示していますが、まだまだ蓄積が必要です。

鋪 裝

残り、舗装と附属物でございますけれども、時間が無くなってしまいましたので、駆け足となっております。

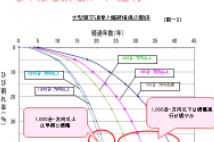
■舗装へのダメージは、軸重の4乗で影響

2022年12月26日 星期二 12:00:00



(参考)
生活道路等は、大型車交通量が少ないため、**占用工事の掘り返し等が無ければ長期間経過しても健全**

■アスファルト舗装では大型車交通量が多いほど損傷が早く進行



これは舗装の損傷状況を示したものです。舗装へのダメージは、車の軸重の4乗で影響するといわれています。このため、右上の図の様に、アスファルト舗装においては、大型車交通量が多いほど、損傷が早く進行しています。その一方、大型車交通量の少ない生活道路では、下の写真のように、30年以上が経過しても舗装が健全な事例は多く見られます。占用工事後の舗装を適切に行われているのが前提ですが、

これからの舗装のマネジメントの方針			
特性	分類	主な道路 (イメージ)	マネジメントのあり方
・高規格幹線道路等 (高速車が行なうためのワイド車道の多い道路)	A	高速道路	・高層等の適時修繕による路盤以下の層の保護を目的に、点検を実施 ・走行性、快適性を重視した路面管理の実施
・損傷の進行が早い道路等 (例えば、大型車交通量が少しい道路)	B	一般道路	・高層等の適時修繕による路盤以下の層の保護を目的に、点検を実施 ・修繕サイクルを長し、早期劣化箇所の原因把握に適切な措置や、使用目標年数を意識した管理の実施
・損傷の進行が緩やかな道路等 (例えば、大型車交通量が少しい道路)	C	一般道路	・走行性、快適性を考慮した路面管理の実施
・生活道路等 (例えば、歩行者や自転車利用者の多い道路)	D	生活道路	・基本的に長寿命であることから、各道路管理者が点検サイクルを定めて適切に管理 ・近隣の機会を通じた路面管理

舗装点検要領(平成28年10月)

舗装点検技術の開発

【路面性状】

- 路面性状を簡単に安価で計測・分析・記録する技術
⇒ 一般車両にレーザースキャナ、カメラ等を取り付け、路面性状(ひび割れ、わだち割れ、IRI)を計測
- スマートフォンにより路面性状を簡単に計測・分析・記録する技術
⇒ 加速度、GPS情報、動画などを計測することで同を把握

【路盤等の健全性】

- 路上規制に伴わずに、路盤等の健全性を把握する技術
⇒ 走行しながら規制無しで、舗装のたわみ量を計測する技術(MWD等)

予防保全型管理へ

表層だけの修繕の場合 切削オーバーレイ

施工量: 約600㎡/日 費用: 約5千円/㎡

路盤も含め修繕した場合 打ち換え工法

施工量: 約150㎡/日 費用: 約18千円/㎡

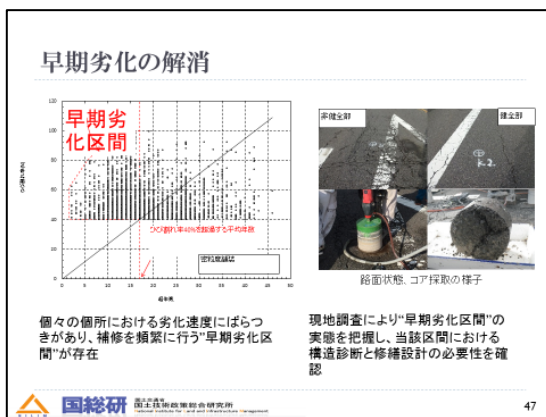
費用は3倍以上、工事期間は4倍

路盤の損傷を防ぐ予防保全型管理

この様な舗装の劣化状況を受けて、これからの舗装のマネジメントの方針を議論し、昨年 10 月に舗装の点検要領が定められました。そこでは損傷の進行速度に着目しています。大型車交通量が多い道路等、損傷の進行が早い道路では定期的に点検を実施します。その一方、生活道路等、占用工事等の影響がなく長寿命となる道路においては、巡視の機会を通じた路面管理としています。

道路の舗装についても、先ほど飛行場で紹介されていましたけれど、新しい技術等を使いながら、点検の効率化を進めていきます。路面の状態については、レーザースキャナやカメラ等により把握する他、車に乗せたスマートフォンにより簡易に計測する方法も開発されつつあります。路盤の健全性は、従来は専用の試験車を停止させて実施する必要がありましたが、走行しながら測定する技術も試行しています。

舗装を修繕する場合には、早期に修繕することが効率的です。この事例のように、舗装の表層の損傷を放置しておくと、路盤に雨水が浸入し、支持力が低下してしまいます。この段階での修繕は路盤も含めた打ち換え工法となり、表層だけの修繕に比して費用が3倍以上、工事期間も4倍となってしまいます。路盤の損傷を防ぐ予防保全型管理が有効です。先程の点検要領でも、損傷の進行が早い道路においては、表層の適時修繕による路盤以下の層の保護を目的に点検を実施するとしています。



ニズムとそれを防止するための対処法を提案して参ります。

点検結果を分析すると、個々の箇所での劣化速度にはばらつきがあり、この図の様に、比較的短期間で補修を行う早期劣化区間が存在しています。このような早期劣化区間における適切な修繕設計方法を確立するため、現地における調査を行っています。調査においては健全部と非健全部において、試験車によるたわみ測定を行うとともに、右の写真のようにコアを採取し、強度や粒度分布を調査しています。これらにより早期劣化のメカ

コンクリート舗装の適用性、維持管理手法の検討

○コンクリート舗装の適用性

コンクリート舗装の破損箇所の破損状態、破損原因、交通条件、道路構造条件等に基づくコンクリート舗装の適用性の整理

○コンクリート舗装の維持管理手法

コンクリート舗装の点検・診断手法及び損傷に対する補修工法の適用性の整理

コンクリート舗装の点検項目と損傷程度の評価区分の提案

調査項目	評価区分(損傷程度の評価)				
	標準値	L	M	H	劣化あり
目地のほみ出し・残骸損傷	0%	50%未満	50%以上	—	—
わたしを貼る	10cm未満	10～20cm程度	20～35cm程度	35cm以上	—
おのりをはく	0%	—	—	—	30%程度以上
スケーリング(ラベリング)	15L	P-1以下 またははく5%未満	P-1以上 またははく5%～20%	—	またははく20%超
目地の角欠け	0%	角欠け幅150mm以上 深さ角欠け率50%未満	角欠け幅150mm以上 角欠け率50%以上	—	—
普通コンクリート(縦+横+角部損)	0cm/m ²	1～20cm ² /程度	20～40cm ² /程度	40cm ² /程度以上	—
造(目地・ひびく・剥離の損)	0	5～15mm/程度	10～15mm/程度	15mm/程度以上	—

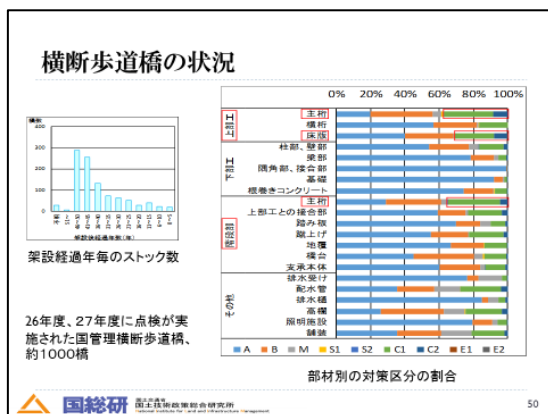
国総研 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

48

舗装の種類としては、紹介したアスファルト舗装の他、コンクリート舗装があります。コンクリート舗装は、一般的に耐久性に優れていますが、条件によっては短期間で破損したり、破損した場合の補修方法が確立されていない等の課題があります。適切に活用し、維持管理していくための手法について検討しています。

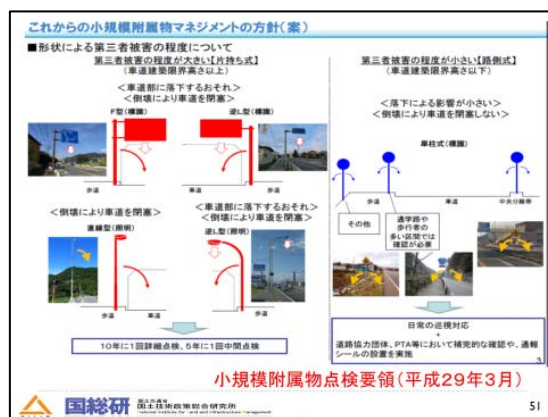
附属物等

最後に、附属物について紹介します。道路附属物には、横断歩道橋、道路標識、道路照明があります。



このうち、横断歩道橋と門型標識については、平成26年度から定期点検を行っています。

この図は横断歩道橋の状況を示したものです。構造としては橋梁に近く、損傷の種類も橋梁と同様です。ただし、冒頭でも紹介しましたが、橋梁に比して、損傷が進んだものが多くなっています。上部工の主桁や床版、また、階段について、損傷が進行しています。排水に起因すると思われる。

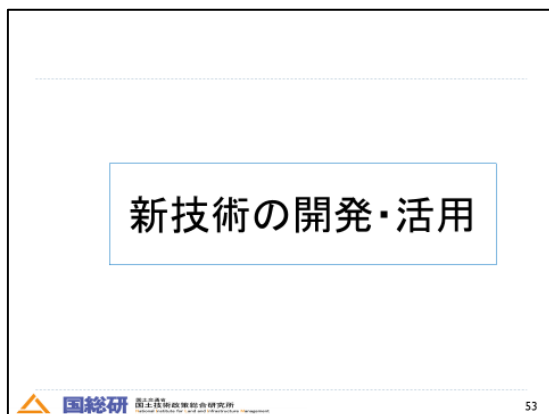


門型標識以外の標識や照明柱等の小規模附属物については、その数が膨大である一方、倒壊による事故も生じており、適切に管理する必要があります。図に示しますように、形状によって第三者被害の程度が異なると考えられます。このため、今年の3月に定めた点検要領では、倒壊時の被害程度が大きい片持ち式では、10年に一回の詳細点検と5年に一回の中間点検を行うこととし、倒壊による影響が小さい路側式で

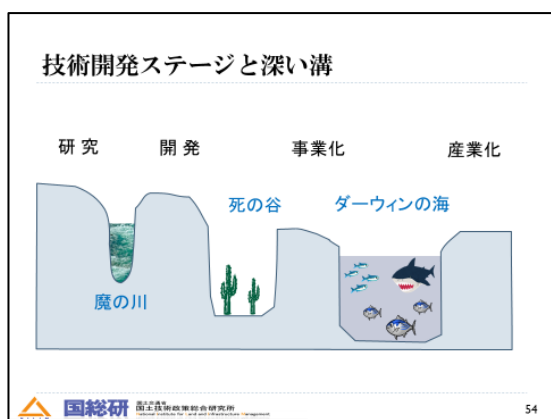
は、日常の巡視対応としています。



ここで、標識柱等の基部においては、土中やコンクリート埋め込み部で鋼材が腐食している場合があります。また、支柱部での亀裂点検には高所作業車等が必要となります。これらの点検において、例えば超音波探傷器による調査等の新しい技術について、その有効性を確認しつつ、使っていきたいと思っております。



ただ、新しい技術を使う、開発するというのは、いうのは簡単なのですが、実際はなかなか難しいです。開発者側からは現場ニーズに合致した技術が開発されているのか、開発した技術が現場で使われるのかが不安です。利用者側には、カタログや計測事例で紹介されている精度は、管理している実際の構造物で得られるのかが不明という声があります。

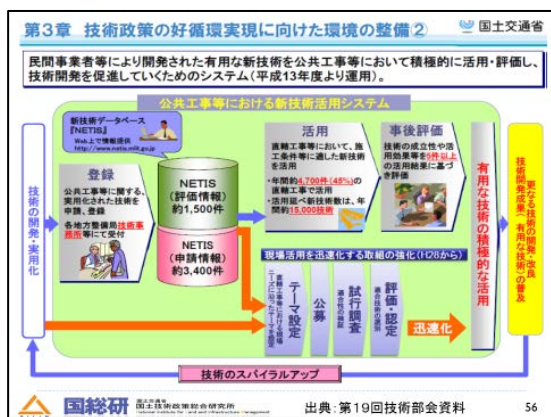


この図は技術開発ステージを進める中で、難しい3つの溝を示したものです。魔の川、死の谷、ダーウィンの海です。技術開発のスピードが非常に激しい中で、どの技術を使って行くのか見極めが重要。事業化するためには、予算規模も組織も研究開発段階とは桁違いとなるため、資金等が枯渇してくる。ひからびてしまう死の谷。事業化しても、既存の技術がある中でどうやって生き残っていくのか。この辺をしっかりと

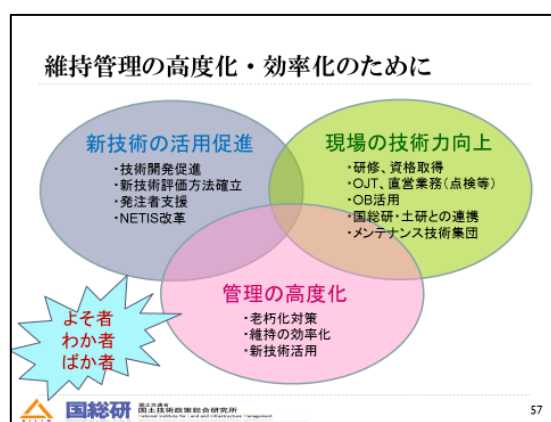
と見極め、ニーズも踏まえて開発していかないといけないということです。



この図は、国土交通省の技術基本計画の参考資料として示されているものです。国交省でもこういう問題意識のもと、技術開発についてはニーズをしっかりと示して、それに合う技術を段階的に進めていこうとしています。構造物の維持管理においても、いきなり目視点検の代替ではなく、まずは補助技術として活用し、その後、スクリーニング等、技術の開発状況に応じて使っていくというものです。



その過程においては、開発技術を現場で確かめていくことが不可欠です。公共工事等における新技術活用システムにおいても、ニーズに沿ったテーマを設定し、使える技術を公募し、現場で試行・評価を行ってしながら、有効な技術を積極的に活用しようとしています。



このように新技術の活用促進と共に、それを使いこなす現場の技術力向上も進めていき、管理の高度化につなげる必要があります。その際、まちおこしで知られる「よそ者、わか者、ばか者」が必要と感じています。従来の土木分野を超えた「よそ者」、しがらみなくチャレンジする「わか者」、信念を持って活動に打ち込む「ばか者」です。私は「ばか者」ですが。この3種類の人たちがうまく連携することが効果的とい

えます。



最後になりますが、新しい技術に対しての姿勢を紹介します。こちら、日光東照宮の3猿、見ざる、言わざる、聞かざるです。8枚の額のうちの1枚です。若い頃には世の中の悪いことをみたり、いったり、聞かないということですが、新しい技術に対してはこの姿勢は疑問です。秩父神社には全く反対の3猿がいるそうです。みて、聞いて、話そうという猿です。お元気3猿というそうです。新しい技術に対しては、こういう姿勢で取

り組みたいと思っています。

ご清聴、ありがとうございました。

ご意見をお聞かせ下さい。

木村嘉富
kimura-y92tb@mlit.go.jp

2年前になりますが、NHK の番組において「国総研、日本国土の専門医、熱き心でインフラを守る」と紹介されています。ぜひ皆さん方と連携しながら取り組んでまいりたいと思います。

「ばか者」としましては、皆様方から色々な話を伺いたいと思っています。本日は機会がありませんが、このアドレスにメールをいただければと思っています。ご清聴、どうもありがとうございました。

——了——

第4章 閉会の挨拶

副所長 三宅 光一

4 『閉会の挨拶』

(国土技術政策総合研究所 副所長 三宅 光一)

副所長の三宅でございます。

今日は、年末の大変お忙しい中、この国総研講演会にお集まりいただき、また朝から夕方遅くまで長時間ご聴講頂きありがとうございました。

今回は3つのテーマということで、防災・減災対応、インフラの維持管理、生産性の向上という、私どもインフラにかかわる者として、今最もホットな話題を取り上げました。

特に生産性の部分では、今回、座談会という初めての方式をとらせていただきましたけれども、いかがでしたでしょうか。皆様からいろいろご意見をいただければと思います。

そしてこの生産性革命に関しましては、藤沢先生から大変すばらしいお話を頂きました。当初想像していた以上の中身の濃いお話で、私自身、メモをとらなくていいかなと思っていたら、結構メモをとってしまいました。私どもにとって非常に示唆に富む考え方・捉え方、広い立場でのお話を聞けたかなと思います。

藤沢先生は、3,000社以上にわたる会社にヒアリング、インタビューされたといっておられましたけれども、やはりそういう対話が非常に大事で、私たちの視野を広げていく重要な鍵であるとあらためて思いました。特に自分の分野、技術分野でないところの人たちとのかわり方は非常に重要です、まさにこうした場もアンテナを立てる場として重要なのではないかと思います。

この国総研講演会、だいたいいつもそうなのですが、一方通行なので皆さまちょっとフラストレーションがたまっているかもしれません。本日の内容につきましては、ぜひ早目にフィードバックして頂く、あるいは意見交換をさせて頂く機会があれば幸いに存じます。現場のフィードバックは国総研にとって極めて重要かつ革心です。現場でご苦労いただいている皆様方からの様々なご提案、ご示唆は私どもにとって非常に大切です。ぜひそういった対話を皆様と続けながら、国総研としてもこれから頑張って参りたいと思います。

最後になりましたけれども、皆さま、健康で明るい、新しい年を迎えられますようご祈念申し上げて、私の挨拶とさせていただきます。本日はどうもありがとうございました。

——了——

参考

- ・ ポスター
- ・ リーフレット
- ・ 過去の国土技術政策総合研究所講演会

平成29年度 国土交通省



国総研講演会

平成29年 **12月6日(水)**
10:15開演(9:45開場)
日本教育会館(一ツ橋ホール)
(東京都千代田一ツ橋2-6-2)

入場無料
定員800名
(申込み先着順)

プログラム

●特別講演(15:00~16:00)

「生産性革命が未来を拓く ―今、なぜ生産性革命なのか―」

シンクタンク・ソフィアバンク 代表 藤沢 久美



●一般講演(10:30~17:25)

●セッション1:「防災・減災・危機管理」

都市防火研究と災害調査 ―平成28年糸魚川市大規模火災調査報告―

都市研究部長 佐藤 研一

九州北部豪雨による土砂災害の特徴と減災に向けた取り組み

土砂災害研究部長 岡本 敦

水害リスク低減に向けた技術研究開発

河川研究部長 天野 邦彦

沿岸域を高潮から守る研究

沿岸海洋・防災研究部長 吉田 秀樹

超高層建築物等の長周期地震動対策 ―設計クライテリアの考え方―

建築研究部長 福山 洋

●特別セッション:「生産性革命」に関するパネルディスカッション

<コーディネーター>

企画部長 上坂 克巳

<パネリスト>

道路交通研究部長 喜安 和秀

港湾研究部長 藤井 敦

社会資本マネジメント研究センター長 和泉 恵之

●セッション2:「インフラの維持管理」

下水道管路管理におけるマネジメントサイクルの構築に向けて

下水道研究部長 井上 茂治

空港舗装の点検技術の高度化に向けた研究

空港研究部長 石原 弘一

低炭素社会に対応する先進的な省エネルギー型住宅(LCCM住宅) 住宅研究部住宅情報システム研究官

桑沢 保夫

道路構造物メンテナンスのセカンドステージへ

道路構造物研究部長 木村 嘉富

お申し込み・お問い合わせ

国総研ホームページよりお申し込みください <http://www.nilim.go.jp/>

お問い合わせは 国土技術政策総合研究所 企画部企画課 まで

TEL: 029-864-7619 E-mail: nil-kouenkai2017@ml.mlit.go.jp



プログラム

10:15~10:25 開会の挨拶 所長 藤田 光一

一般講演

セッション1：「防災・減災・危機管理」

10:30~10:50 都市防火研究と災害調査
—平成28年糸魚川市大規模火災調査報告—
都市研究部長 佐藤 研一

10:50~11:10 九州北部豪雨による土砂災害の特徴と減災に向けた取り組み
土砂災害研究部長 岡本 敦

11:10~11:30 水害リスク低減に向けた技術研究開発
河川研究部長 天野 邦彦

11:40~12:00 沿岸域を高潮から守る研究
沿岸海洋・防災研究部長 吉田 秀樹

12:00~12:20 超高層建築物等の長周期地震動対策
—設計クワイテリアの考え方—
建築研究部長 福山 洋

特別セッション：「生産性革命」に関するパネルディスカッション

14:20~14:50 <コーディネーター> 企画部長 上坂 克巳
<パネリスト> 道路交通研究部長 喜安 和秀
港湾研究部長 藤井 敦
社会資本マネジメント研究センター長 和泉 恵之

特別講演

15:00~16:00 生産性革命が未来を拓く
—今、なぜ生産性革命なのか—
シンクタンク・ソフィアバンク代表 藤沢 久美

セッション2：「インフラの維持管理」

16:05~16:25 下水道管路管理におけるマネジメントサイクルの構築に向けて
下水道研究部長 井上 茂治

16:25~16:45 空港舗装の点検技術の高度化に向けた研究
空港研究部長 石原 弘一

16:45~17:05 低炭素社会に対応する先進的な省エネルギー型住宅(LCCM住宅)
住宅研究部住宅情報システム研究官 桑沢 保夫

17:05~17:25 道路構造物メンテナンスのセカンドステージへ
道路構造物研究部長 木村 嘉富

17:25~17:30 閉会の挨拶 副所長 三宅 光一

お申し込み

参加をご希望の方は、国土技術政策総合研究所ホームページよりお申し込みください。

<http://www.nilim.go.jp/>

【お問い合わせ】

国土技術政策総合研究所 企画部企画課

T E L : 0 2 9 - 8 6 4 - 7 6 1 9

F A X : 0 2 9 - 8 6 4 - 1 5 2 7

E-mail : nil-kouenkai2017@ml.mit.go.jp

会場のご案内

【講演会会場】

日本教育会館 一ツ橋ホール (千代田区一ツ橋2-6-2)
都営新宿線・東京メトロ半蔵門線 神保町駅 (A1出口) 下車徒歩3分
都営三田線 神保町駅 (A8出口) 下車徒歩5分
東京メトロ東西線 竹橋駅 (北の丸公園側出口) 下車徒歩5分



平成29年度 国土交通省

国総研 講演会



平成29年 **12月6日(水)**
10:15開演 (9:45開場)



日本教育会館 (一ツ橋ホール)

入場無料 定員800名 (申込先着順)

国土交通省
国土技術政策総合研究所

特別講演

◆15:00～16:00

「生産性革命が未来を拓く —今、なぜ生産性革命なのか—」



藤沢 久美
シンクタンク・ソフィアバンク 代表

プロフィール

・大学卒業後、国内外の投資運用会社勤務を経て、1996年に日本初の投資信託評価会社を起業。1999年、同社を世界的格付け会社スタンダード&プアーズに売却後、2000年にシンクタンク・ソフィアバンクの設立に参画。現在、代表。そのほか、豊田通商など上場企業の社外取締役や国土交通省社会資本整備審議会委員、国土交通省i-Construction委員会委員など様々な省庁の委員や公職を務める。

・様々なテレビ・ラジオ・雑誌等を通じて、1000社を超える企業取材。現在も全国の企業の経営者のインタビューと現場の取材を続け、メディアを通じて発信している。著書に「最高のリーダーは何もしない」、「なぜ、川崎モデルは成功したのか？」など多数。

一般講演

セッション1：「防災・減災・危機管理」

◆10:30～10:50

都市防火研究と災害調査 —平成28年糸魚川市大規模火災調査報告—

都市研究部長 佐藤 研一



地震や津波による火災を除く市街地火災として、昭和51年酒田大火以来の規模となった平成28年糸魚川市大規模火災。その現地調査や再現実験・シミュレーション検証等の活動を通じて、国総研の都市防火研究を紹介する。

◆10:50～11:10

九州北部豪雨による土砂災害の特徴と減災に向けた取り組み 土砂災害研究部長 岡本 敦



本年7月に発生した九州北部豪雨による崩壊・土石流・流水など土砂災害の特徴を整理するとともに、減災に向けた国総研の研究活動を紹介する。

◆11:10～11:30

水害リスク低減に向けた技術研究開発

河川研究部長

天野 邦彦



水害リスクの低減に向けて国総研で実施している研究の概略について紹介するとともに、水害リスクを低減させるために今後実施しなければならない事項について述べる。

◆11:40～12:00

沿岸域を高潮から守る研究

沿岸海洋・防災研究部長

吉田 秀樹



地球温暖化の気候変動による海面上昇、台風の大規模により人口・経済が集中する沿岸域の高潮リスクが高まっている。港湾地帯の安全確保のための研究が重要であり、当部で実施している事項立て研究を中心に報告する。

◆12:00～12:20

超高層建築物等の長周期地震動対策

—設計クライテリアの考え方— 建築研究部長

福山 洋



本年4月1日に施行された、超高層建築物や免震建築物の長周期地震動対策の概要とともに、その技術的な検討の過程で整理された、建築物の構造設計や性能評価における設計クライテリアの考え方について紹介する。

特別セッション：「生産性革命」に関するパネル ディスカッション

◆13:20～14:50



＜コーディネーター＞
企画部長
上坂 克巳



＜パネリスト＞
道路交通研究部長
喜安 和秀



＜パネリスト＞
港湾研究部長
藤井 敦



＜パネリスト＞
社会資本マネジメント
研究センター長
和泉 恵之

セッション2：「インフラの維持管理」

◆16:05～16:25

下水道管路管理におけるマネジメントサイクルの構築に向けて 下水道研究部長 井上 茂治



下水道管路の点検調査の効率化・高速化のための机上スクリーニング手法の検討や技術開発、維持管理情報の活用等を通じたコストの最適化など、管路マネジメントサイクルの構築の取り組みを紹介する。

◆16:25～16:45

空港舗装の点検技術の高度化に向けた研究

空港研究部長

石原 弘一



空港の更なる安全確保のため、滑走路等空港舗装の点検作業の精度向上や迅速化が求められる。非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法、地震後の空港の早期再開のために必要な点検手法に関する取組状況を紹介する。

◆16:45～17:05

低炭素社会に対応する先進的な省エネルギー型住宅 (LCCM住宅)

住宅研究部住宅情報システム研究官

桑沢 保夫



パリ協定における日本の約束では住宅において大幅な省エネルギーが想定されており、LCCM住宅はこれに対応する先進的な省エネルギー型住宅である。本講演ではLCCM住宅の概念と関連する研究等について概要を紹介する。

◆17:05～17:25

道路構造物メンテナンスのセカンドステージへ

道路構造物研究部長

木村 嘉富



平成26年度以降、各道路構造物の点検要領を整備し、定期点検が本格化されてきた。今後、メンテナンスのセカンドステージとして、点検や補修を着実に実施していくとともに、新技術の導入等による長寿命化・コスト削減に取り組んでいく必要がある。講演会では道路構造物の維持管理に関する技術基準の概要と、国総研の取り組みや今後の方向性を紹介する。なお、新設橋の技術基準である道路橋示方書についても、耐久性向上の観点を中心に言及する。

過去の国土技術政策総合研究所講演会

■国土技術政策総合研究所（開催報告）

国総研講演会の講演資料を掲載しています。

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kouenkai/index.html>

■国総研資料

- ・平成 28 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0982.htm>
- ・平成 27 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0948.htm>
- ・平成 26 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0826.htm>
- ・平成 25 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0759.htm>
- ・平成 24 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0699.htm>
- ・平成 23 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0655.htm>
- ・平成 22 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0614.htm>
- ・平成 21 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0546.htm>
- ・平成 20 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0482.htm>
- ・平成 19 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0418.htm>
- ・平成 18 年度以前の資料は以下のリンクより確認できます。
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tn_nilim.htm

.....

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No. 1008 February 2018

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

.....

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675